



ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ТЕНДЕНЦИИ, УПРАВЛЕНИЕ, СТРАТЕГИИ



22
31
десятилетие
науки и технологий



55 ЛЕТ
ИНСТИТУТ
ЭКОНОМИКИ
УРО РАН

17:00

Российская академия наук
Уральское отделение
Институт экономики

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:
ТЕНДЕНЦИИ, УПРАВЛЕНИЕ, СТРАТЕГИИ**

Сборник научных статей

Екатеринбург
2025

УДК 339.137.21
ББК 65.9(2)29
Ц75

Издание подготовлено в соответствии с планом НИР
для ФГБУН «Институт экономики УрО РАН»

Рецензенты:

д. э. н. проф. Ершова И. В.,
д. э. н. Урасова А. А.

Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии: сборник научных статей / отв. ред. член-корреспондент РАН, д. э. н., профессор Акбердина В. В. — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2025. — Электрон. текст. дан. (4,5 Мб). — 413 с. — 1 опт. компакт-диск (CD-ROM). — Текст: электронный.

ISBN 978-5-94646-708-7

Сборник научных статей посвящен комплексному анализу цифровизации индустриального сектора. Целью авторов статей является оценка возможностей и вызовов цифрового перехода, формулировка системного представления о его механизмах и выявление успешных стратегий адаптации предприятий.

Тематика охватывает широкий спектр вопросов: от макроэкономических эффектов и изменения технологических стратегий в мире до внедрения конкретных решений. Особое внимание уделено развитию искусственного интеллекта как главного тренда трансформации, его роли в экономике замкнутого цикла и межотраслевом потенциале. Значительная часть работ посвящена влиянию цифровизации на социально-экономическую сферу: человеческий капитал, рынки труда и инвестиционную привлекательность.

Издание предназначено для научных работников, преподавателей, специалистов в области промышленной политики и широкого круга читателей, интересующихся экономикой промышленности.

УДК 339.137.21
ББК 65.9(2)29

ISBN 978-5-94646-708-7

© Институт экономики УрО РАН, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Акбердина В. В. Цифровая трансформация промышленности: отраслевые особенности технологических стратегий..... | 5 |
| Бабанский Н. И. Возможности и риски применения искусственного интеллекта в бизнесе..... | 21 |
| Барыбина А. З. Оценка социально-экономических эффектов цифровизации промышленности на основе теории регионального развития и поляризации пространства | 31 |
| Барыбина А. З. Социокультурные барьеры развития цифровой экономики: центральная роль цифровой грамотности и образовательного разрыва | 45 |
| Буглак Д. В. Дисбалансы на региональном рынке труда в IT-сфере среди выпускников СПО на примере Свердловской области..... | 62 |
| Веденяпин И. В., Сайфулин А. А. Гибридная автоматизация бизнес-процессов на основе алгоритмических механизмов, искусственного интеллекта и темпорального RAG: повышение стабильности и снижение вероятности ошибок..... | 78 |
| Губайдуллина Ф. С. БРИКС+: цифровая дифференциация и создание единого цифрового пространства..... | 98 |
| Дубровский В. Ж., Зинатуллина Э. Р. Цифровая трансформация промышленной компании: некоторые выводы из опыта НЛМК..... | 114 |
| Крапивкин Н.С., Щербина А.Ю. Межотраслевой потенциал использования ИИ в мировой экономике | 126 |
| Чэнь Лэйфэй. Сравнительный анализ цифровой трансформации промышленности Китая и России в условиях Индустрии 5.0 | 139 |
| Мамбетова Ф. М., Мамбетова К. М. Искусственный интеллект как катализатор экономики замкнутого цикла: межотраслевые модели для оптимизации потоков материалов и энергии | 158 |
| Мбеле Оссийи Л. П., Дробинцев П. Д. Разработка мультязычной модели для обеспечения безопасности онлайн-коммуникаций | 167 |
| Мезенцева Е. С. Целевые ориентиры промышленной политики в условиях цифровой трансформации..... | 185 |

| | |
|---|-----|
| Мельник А. В. Экономическое обоснование цифровой трансформации промышленной экосистемы | 200 |
| Михайлов П. А., Сульков М. В. Цифровая трансформация предприятия: особенности, преимущества и барьеры проведения..... | 217 |
| Мыслякова Ю. Г. Экспорт знаний индустриальных регионов в условиях цифровизации | 233 |
| Найденов Н. Д., Новокшонова Е. Н. Информатизация и роботизация экономики и экономический рост в регионе (по материалам Республики Коми) | 249 |
| Пономарева А. О. Цифровые платформы как фактор повышения экономической связности пространства | 267 |
| Романова О. А., Сиротин Д. В. Цифровизация металлургического производства России: достижения и проблемы | 280 |
| Сарвари Р. Д., Минич С. В. Анализ инвестиционной привлекательности регионов на основе внедрения технологий искусственного интеллекта | 295 |
| Смирнова О. П., Чеснюкова Л. К. Взаимосвязь устойчивого развития и уровня развития человеческого капитала Урало-Сибирского макрорегиона в условиях цифровизации | 310 |
| Сюсюра Д. А. Развитие малого бизнеса и предпринимательства в РФ в условиях промышленной трансформации: основные сценарии | 322 |
| Ташкинов А. Г. Анализ цифровой трансформации отраслей промышленности Пермского края в условиях Индустрии 4.0 | 333 |
| Трапезникова А. М., Бабкин А. В. Развитие промышленного предприятия в условиях цифровой трансформации: от устойчивости к резильентности | 352 |
| Трушкова Е. А. Оценка взаимосвязи уровня развития информационно-коммуникационных технологий и человеческого капитала | 363 |
| Фомин С. Г. Методика оценки эффективности внедрения передовых систем сквозного планирования..... | 376 |
| Шориков А. Ф. Методика оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики объекта цифровой промышленной экосистемы | 392 |

УДК 316.422.44

JEL classification: M15, O14, O32

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-1>

Цифровая трансформация промышленности: отраслевые особенности технологических стратегий¹

В. В. Акбердина

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0002-6463-4008>

Автор для корреспонденции: В. В. Акбердина (akberdina.vv@uiec.ru).

Аннотация. *Статья посвящена анализу эволюции и отраслевой специфике технологических стратегий цифровой трансформации в промышленности. Автор прослеживает смещение научной повестки от разграничения понятий цифровизации и трансформации к изучению конкретных конфигураций технологий и их отраслевых паттернов внедрения. На основе данных Росстата за 2024 год и разработанной автором матрицы, совмещающей типы технологических стратегий с уровнями их распространения, проведено сравнительное исследование трех российских высокотехнологичных отраслей: фармацевтики, электроники и авиакосмоса. Результаты выявили существенные отраслевые различия в приоритетах и степени зрелости цифровой трансформации, подтверждая гипотезу о существовании отраслевых паттернов и технологической асинхронности. Делается вывод о том, что каждая отрасль формирует уникальную конфигурацию технологических стратегий, определяемую ее специфическими требованиями к контролю, инновациям, сложности продукта и жизненному циклу.*

Ключевые слова: цифровая трансформация, технологические стратегии, отраслевые паттерны, высокотехнологичные отрасли промышленности, цифровизация, Индустрия 4.0, Интернет вещей, облачные вычисления, искусственный интеллект, цифровые двойники, аддитивные технологии, фармацевтика, электроника, авиакосмическая отрасль

¹ © Акбердина В. В. Текст. 2026.

Digital Transformation in Industry: Sector-Specific Features of Technological Strategies

V.V. Akberdina

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-6463-4008>

Corresponding author: V.V. Akberdina (akberdina.vv@uiec.ru).

Abstract. *The article analyzes the evolution and sector-specific features of technological strategies for digital transformation in industry. The author traces the shift in the scientific agenda from distinguishing between digitalization and transformation to studying specific configurations of technologies and their industry-specific adoption patterns. Based on Rosstat data for 2024 and a matrix developed by the author that combines types of technological strategies with their diffusion levels, a comparative study of three Russian high-tech industries is conducted: pharmaceuticals, electronics, and aerospace. The results reveal significant industry differences in the priorities and maturity levels of digital transformation, confirming the hypothesis about the existence of industry patterns and technological asynchronicity. The conclusion is drawn that each industry forms a unique configuration of technological strategies, determined by its specific requirements for control, innovation, product complexity, and lifecycle.*

Keywords: digital transformation, technological strategies, industry patterns, high-tech manufacturing industries, digitalization, Industry 4.0, Internet of Things (IoT), cloud computing, artificial intelligence (AI), digital twins, additive manufacturing, pharmaceuticals, electronics, aerospace industry

Введение

Эволюция научной повестки вокруг цифровых стратегий в промышленности прошла несколько качественных этапов, отражающих динамику технологической зрелости. Изначально, на заре массового распространения информационно-коммуникационных технологий, ключевым вопросом было различие между цифровизацией и цифровой трансформацией. В первом случае речь шла о процессах внедрения отдельных цифровых инструментов и автоматизации существующих операций, а во втором — о глубокой перестройке бизнес-моделей, организационных структур и цепочек создания стоимости на основе цифровых технологий. В тот период сама задача перехода от аналоговых к цифровым процессам была актуальной для значительной части предприятий, и стратегия часто сводилась к выбору масштаба изменений: локальной оптимизации или радикального обновления.

Сегодня это разделение в значительной степени утратило свою актуальность, поскольку формальная «цифровизация» в ее минимальном, инфраструктурном выражении (использование компьютеров, сетей, баз данных, электронного документооборота и др.) стала повсеместной и обязательной нормой для любого конкурентоспособного предприятия промышленности. Фокус стратегического управления сместился с вопроса «цифровизироваться или нет?» на более сложный и детализированный вопрос: «как именно и с какими приоритетами осуществлять цифровую трансформацию?» (Лавренко, Мечикова, 2022; Пургаева и др., 2023; Yaqub & Alsabban, 2023). На первый план выходит не сам факт использования технологий, а их конкретная конфигурация, последовательность внедрения и интеграция в отраслевые бизнес-процессы.

Особенностью современного этапа является переход от общих принципов цифровой трансформации к выделению и анализу специфических технологических стратегий и, что особенно важно, к изучению их отраслевой специфики реализации (Хоменко и др., 2022; Ghobakhloo et al., 2025). Отрасль перестает рассматриваться лишь как контекст, а становится ключевой переменной, определяющей приоритеты, скорость и характер цифровой трансформации. В этом контексте возникает потребность в более тонком аналитическом инструментарии.

Цель статьи — сформулировать общий контур технологических стратегий цифровой трансформации и показать отраслевые особенности их реализации на примере высокотехнологичных отраслей промышленности.

В ходе исследования будут проверены несколько гипотез: 1) имеются основания предполагать, что существуют отраслевые паттерны цифровой трансформации; 2) предполагается, что имеет место технологическая асинхронность в стратегиях цифровой трансформации, что обусловлено отраслевыми особенностями внедрения цифровых технологий.

Обзор литературы

Выделим несколько направлений в исследованиях цифровой трансформации отраслей промышленности, которые определяют теоретические рамки статьи.

Первое направление — это уже отмеченный выше дискурс «цифровизация — цифровая трансформация». Исходной точкой является концептуальное различие между автоматизацией, цифровизацией и цифровой трансформацией, обозначенной в научных

публикациях 2010-х гг., когда была сформирована концепция Индустрии 4.0. Помимо содержательного разделения этих понятий исключительно на основе пула используемых технологий, начинают появляться работы, которые уточняют, что трансформация есть стратегический ответ на изменения, вызванные цифровыми технологиями, и смещают фокус с общих принципов трансформации на управление ее конкретными механизмами. Это формирует запрос на более детализированные стратегические модели.

Второе направление непосредственно касается места цифровой трансформации в стратегическом менеджменте. Традиционные школы стратегического менеджмента (например, ресурсный подход, теория динамических способностей) начинают адаптироваться к цифровому контексту. С. Берман (Berman, 2012), К. Мэтт с соавторами (Matt et al., 2015) и Б. Рёгу с соавторами (Rêgo et al., 2022) вводят концепцию «цифровых бизнес-стратегий», подчеркивая необходимость интеграции цифровых и физических аспектов бизнеса. С. Гхош с соавторами (Ghosh et al., 2022) развивают идею динамических способностей, утверждая, что в условиях цифровой экономики ключевыми становятся способности к чувствованию, захвату и реконфигурации цифровых активов. Однако, как отмечают К. Бак и соавторы (Buck et al., 2023), существует разрыв между макроуровневыми стратегическими концепциями и микроуровневыми решениями о выборе и внедрении конкретных технологий, что требует разработки промежуточных концепций, а именно технологических стратегий.

Третье направление исследований касается, собственно, самих технологических стратегий как самостоятельного объекта в виде семейств цифровых решений. Работы Д. Банерджи и Дж. Сена (Bandyopadhyay & Sen, 2011), Е. Бушере и Д. Укелманна (Bucherer & Uckelmann, 2011), И.Л. Авдеевой, А.В. Полянина и Т.А. Головиной (2019) о влиянии «умных, подключенных продуктов» заложили основу для стратегий, ориентированных на Интернет вещей (IoT) и создание экосистем данных. Исследования по стратегиям внедрения искусственного интеллекта выделяют разные подходы — от автоматизации процессов до создания новых продуктов (Aldoseri & Al-Khalifa, 2024). Литература по облачным вычислениям (например, (Marston et al., 2011)) анализирует стратегический выбор между различными моделями развертывания (публичное, частное, гибридное «облако») как элемент конкурентного позиционирования (Мыльник, Голов, 2025). Однако, как правило, эти стратегии рассма-

триваются изолированно, без анализа их взаимосвязи и отраслевой специфики.

Поэтому четверное направление — это отраслевой контекст как ключевой фактор цифровой трансформации. Важнейшим направлением является признание того, что траектории цифровой трансформации не универсальны. Исследования Г. Вестермана и соавторов (Westerman et al., 2012) в рамках инициативы «Индустрия 4.0» изначально подчеркивали отраслевые различия, в частности между дискретным и процессным производством. Последующие эмпирические работы подтверждают, что такие факторы, как сложность продукта, регуляторная среда, структура цепочки создания стоимости и интенсивность НИОКР, определяют приоритеты и последовательность внедрения цифровых технологий (Истомина, 2018; Акбердина, 2018; Краковская и др., 2023). Обобщающие отраслевые исследования от McKinsey Global Institute (2015–2022) и World Economic Forum (2018–2023) предоставляют сравнительные данные о потенциале и барьерах цифровизации в различных секторах, косвенно указывая на формирование отраслевых паттернов.

В указанных теоретических рамках данная статья будет акцентировать внимание на области исследования, находящейся на пересечении выделенных направлений, а именно акцент будет сделан на сравнение конфигураций технологических стратегий в разрезе отраслевых стратегий их реализации.

Материалы и методы

Объектом анализа технологических стратегий выступают отрасли, относимые по классификации ОЭСР в высокотехнологичным отраслям — ОКВЭД 21 «производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях и ветеринарии», ОКВЭД 26 «производство компьютеров, электронных и оптических изделий» и ОКВЭД 30.3 «производство летательных аппаратов, включая космические, и соответствующего оборудования», в целях упрощения названные в исследовании, соответственно, «фармацевтика», «электроника» и «авиакосмос». Для понимания глубины внедрения цифровых технологий в высокотехнологичных отраслях будут использованы данные по обрабатывающим производствам и в целом по экономике. Источником данных выступают сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг за 2024 г. (итоги статистического наблюдения по ф. № 3-информ), предоставляемые Росстатом.

Для исследования отраслевых особенностей цифровой трансформации предлагается использовать разработанную матрицу, позволяющую совместить совокупности технологий, составляющих основу различных технологических стратегий, и отраслевой паттерн их внедрения. Мы выделим 4 типа технологических стратегий: 1) стратегия развития технологий сбора данных с физических объектов (RFID-метки и датчики Интернета вещей); 2) стратегия развития технологий цифровой инфраструктуры хранения данных (облачные сервисы и центры обработки данных); 3) стратегия развития технологий интеллектуальной обработки данных (технологии больших данных и искусственный интеллект); 4) стратегия развития технологий цифрового проектирования и производства (цифровые двойники, роботы и аддитивные технологии).

Отраслевые паттерны реализации стратегий цифровой трансформации строятся на основе показателя «доля предприятий отрасли, использующих технологию, от числа предприятий, использующих цифровые технологии (%)». Предлагается следующая шкала для оценки: менее 5 % характеризует пилотные стратегии; 5–15 % — стратегии нишевого применения; 15–40 % — стратегии формирования стандартов; 40–70 % — стратегии широкого распространения; свыше 70 % — стратегии полного насыщения.

Результаты и обсуждение

Стратегия цифровой трансформации в масштабах всей экономики характеризуется как осторожная, фрагментарная и в большей степени инфраструктурно-ориентированная, находящаяся на ранней или средней стадии диффузии ключевых технологий (табл.). Она отражает совокупный эффект разнонаправленных процессов в различных секторах, где локальные пилотные проекты и инициативы цифровых лидеров соседствуют с инерцией традиционных бизнес-моделей.

В целом по экономике РФ в области цифровой инфраструктуры стратегия демонстрирует асимметрию: внедрение облачных сервисов (23,7 %) заметно опережает использование центров обработки данных (6,6 %). Это указывает на превалирующую модель постепенной модернизации, при которой предприятия предпочитают не создавать свои ИТ-активы, а использовать более гибкие, но не требующие трансформации операционных процессов, сервисные модели. Причем в обрабатывающих производствах доля предприятий, имеющих ЦОДы, выше, чем по экономике в целом. Стратегия внедрения технологий по сбору первичных данных

(RFID-метки и IoT) в экономике носит нишевый характер. В обрабатывающих производствах Интернет вещей внедряется преимущественно для решения конкретных, узких задач оптимизации или контроля, не образуя системного, сквозного цифрового контура для управления основными процессами.

Еще более раннюю стадию характеризует стратегия развития интеллектуальных технологий обработки данных. В целом по экономике РФ показатели использования технологий больших данных (10,4 %) и особенно искусственного интеллекта (5,8 %) свидетельствуют о том, что эти технологии применяются единичными компаниями-новаторами или в рамках ограниченных исследовательских проектов, не становясь массовым инструментом для принятия решений. Причем распространение искусственного интеллекта в обрабатывающих производствах еще ниже (3,9 %). В сфере циф-

Таблица

Доля предприятий, использующих отдельные цифровые технологии в 2024 г. (%)

| | Стратегия развития технологий сбора данных с физических объектов | | Стратегия развития технологий цифровой инфраструктуры хранения данных | | Стратегия развития технологий интеллектуальной обработки данных | | Стратегия развития технологий цифрового проектирования и производства | | |
|-----------------------------|--|----------------------|---|-------------------------|---|-------------------------|---|--------|-----------------------|
| | RFID-метки | Интернет вещей (IoT) | Облачные сервисы | Центры обработки данных | Большие данные | Искусственный интеллект | Цифровые двойники | Роботы | Аддитивные технологии |
| Экономика в целом | 11,1 | 10,6 | 23,7 | 6,6 | 10,4 | 5,8 | 1,4 | 2,7 | 1,7 |
| Обрабатывающие производства | 25,0 | 14,5 | 24,5 | 10,0 | 11,1 | 3,9 | 3,6 | 19,1 | 8,3 |

Источник: разработано автором на основе данных Росстата (сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг за 2024 год (итоги статистического наблюдения по ф. №3-информ)). <https://www.rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 12.12.2025).

рового проектирования и производства наблюдается схожая картина: относительная заметность роботов (19,1 %) наблюдается только в обрабатывающих производствах, что объясняется их применением в наиболее продвинутых сегментах. При этом даже в обрабатывающих производствах цифровые двойники (3,6 %) и аддитивные технологии (8,3 %) остаются прерогативой узкого числа высокотехнологических предприятий и не определяют общий производственный ландшафт.

В целом общенациональная технологическая стратегия носит адаптивный характер. Ее ключевой особенностью является не стремление к прорывным цифровым инновациям, а прагматичная модернизация существующей инфраструктуры и осторожное тестирование новых инструментов. Этот путь формирует риски нарастания цифрового разрыва между лидерами и аутсайдерами. Стратегия обрабатывающей промышленности может быть определена как прагматично-консервативная, с акцентом на операционную эффективность и контроль. Она существенно отклоняется от средних по экономике трендов, демонстрируя собственную логику, обусловленную спецификой материального производства и длинным жизненным циклом активов.

На рисунке представлена матрица совмещения технологических стратегий цифровой трансформации и отраслевых стратегий ее реализации для трех высокотехнологических отраслей.

Фармацевтика демонстрирует стратегию осторожного прагматизма с акцентом на контроль и соответствие. В области инфраструктуры отрасль придерживается сбалансированного, но консервативного подхода, используя в большей степени облачные сервисы (27,6 %), чем центры обработки данных (14,2 %). Стратегия сбора первичных данных с помощью RFID-меток (26,6 %) и Интернета вещей (19,2 %) является одной из наиболее активных, что продиктовано жесткими требованиями к мониторингу условий на всех этапах — от производства до логистики (например, контроль температуры, отслеживание партий и т. п.).

Однако переход к интеллектуальной обработке данных находится на начальных стадиях (большие данные — 12,9 %, ИИ — 6,6 %), что указывает на стратегический фокус на сбор и документирование, а не на сложную аналитику в реальном времени. При этом эти показатели по сегменту высокотехнологических отраслей наивысшие. В сфере цифрового производства отрасль делает избирательные ставки, активнее остальных высокотехнологических отраслей внедряя только роботов (21,8 %), но в силу особенностей технологического процес-

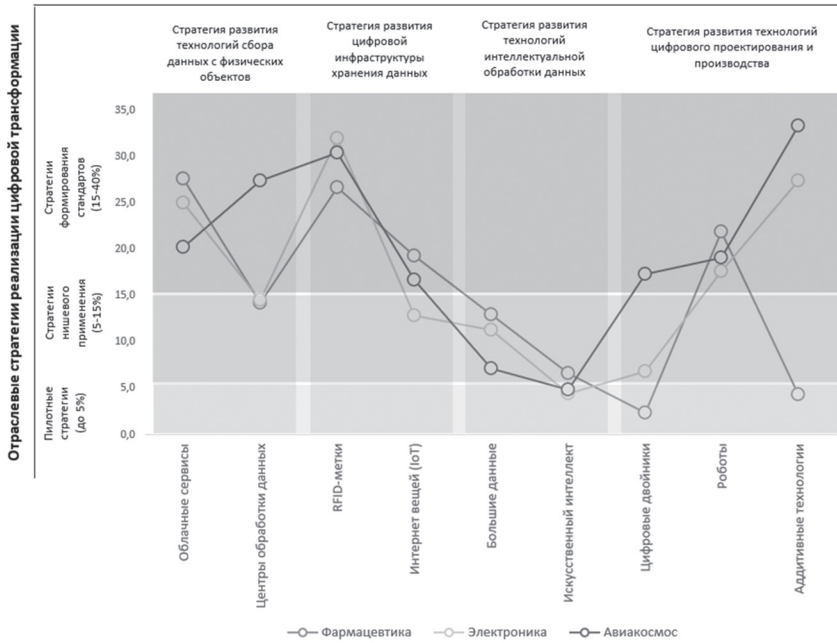


Рис. Матрица совмещения технологических стратегий цифровой трансформации и отраслевых стратегий ее реализации для высокотехнологичных отраслей РФ в 2024 г. (источник: разработано автором на основе данных Росстата (сведения об использовании цифровых технологий и производстве связанных с ними товаров и услуг за 2024 год (итоги статистического наблюдения по ф. № 3-информ)). [Электронный ресурс]. <https://www.rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 12.12.2025))

са практически игнорируя цифровые двойники (2,3 %) и аддитивные технологии (4,3 %) за пределами нишевого применения в биопечати. Общая стратегия отрасли направлена на обеспечение безупречного соответствия регуляторным нормам и гарантированного качества, что определяет приоритет проверенных, контролируемых технологий над прорывными, но сопряженными с рисками.

Электроника реализует стратегию гибкой интеграции и ускорения инновационных циклов. Инфраструктурная стратегия здесь уникальна смещением в сторону облачных сервисов (25,0 %) при сохранении ЦОД (14,5 %), что отражает потребность в сверхмощных распределенных вычислениях, часто требующих коллаборации глобальных команд. Стратегия сбора данных через RFID-метки наиболее выражена из всех высокотехнологичных производств (31,9 %), что обусловле-

но крайней сложностью и миниатюризацией продуктов, требующих тотального контроля тысяч параметров на производственной линии в режиме реального времени. При этом технологии IoT применяются реже (12,8 %), чем в других высокотехнологичных отраслях.

Стратегия интеллектуальной обработки данных, несмотря на лидерство в сборе информации, пока не получила столь же мощного развития (большие данные — 11,2 %, ИИ — 4,4 %), что может указывать на временной лаг между внедрением сенсоров и построением полномасштабных систем предикативной аналитики. В области цифрового производства отрасль делает ставку на высокую автоматизацию (роботы — 17,9 %) и активное использование аддитивных технологий (27,3 %) для быстрого прототипирования и производства сложных компонентов, в то время как цифровые двойники (6,8 %) применяются, в первую очередь, для моделирования тепловых и электрических характеристик устройств. Таким образом, стратегия электроники ориентирована на максимальное сокращение времени выхода на рынок и обеспечение гибкости в условиях быстрого морального устаревания продуктов.

Авиакосмос (летательные аппараты) воплощает стратегию системного лидерства и жизненного цикла полного цифрового цикла. Его инфраструктурная модель является наиболее гибридной среди рассматриваемых отраслей, с почти равным использованием облаков (20,2 %) и ЦОД (27,4 %), что позволяет совмещать требования к защите интеллектуальной собственности и коммерческой тайны (локальные ЦОД) с необходимостью быстрого масштабирования ресурсов для разработки и тестирования (облака). Стратегия внедрения технологий сбора первичных данных через RFID-технологии (30,4 %) и IoT (16,7 %) носит всеобъемлющий характер, охватывая не только производство, но и последующую эксплуатацию изделий (бортовые датчики, телеметрия), формируя основу для цифровых двойников летательных аппаратов на протяжении всего срока службы. При этом стратегия интеллектуальной обработки данных, судя по текущим показателям (большие данные — 7,1 %, ИИ — 4,8 %), находится на этапе перехода от накопления эксплуатационных данных к их глубокому анализу.

Наиболее ярко отрасль авиакосмоса проявляется в сфере использования технологий для цифрового проектирования и производства: отрасль является абсолютным лидером по внедрению цифровых двойников (17,3 %), что является краеугольным камнем разработки современных летательных аппаратов, и роботов (19,0 %) для сборки сложнейших конструкций, а также лидером по интен-

сивному внедрению аддитивных технологий (33,3 %) для производства легких и прочных компонентов со сложной геометрией. Итоговая стратегия авиакосмоса нацелена на управление жизненным циклом сверхсложных и дорогостоящих изделий через создание их непрерывно обновляемых цифровых двойников, что минимизирует физические испытания.

Сопоставление представленных российских данных с мировыми показателями на сопоставимом уровне детализации сопряжено со значительными сложностями, однако на основании регулярно публикуемых международных аналитических отчетов, таких как исследования McKinsey & Company, Всемирного экономического форума, IDC, PwC, а также отраслевых ассоциаций, представляется возможным провести качественное, оценочное сравнение, ориентированное на выявление общих трендов и относительных позиций. Ключевой контекст для такого сравнения заключается в том, что российские данные отражают относительные уровни проникновения технологий внутри национальной экономической системы. Поэтому при сопоставлении с мировым уровнем центральным вопросом становится не абсолютное значение доли внедрения, а положение конкретной отрасли на глобальной кривой технологической зрелости и характер ее стратегических приоритетов в области цифровизации.

Российская фармацевтическая промышленность, демонстрирующая стратегию осторожного прагматизма с высоким уровнем внедрения Интернета вещей и роботизации для обеспечения контроля качества и соответствия регуляторным требованиям, в глобальном контексте существует в иной парадигме. Мировая фармацевтика находится в фазе агрессивной цифровизации, где ведущие компании активно инвестируют в ИИ для дизайна новых лекарственных соединений, внедряют облачные платформы для управления клиническими исследованиями и используют блокчейн для обеспечения прослеживаемости цепочек поставок (Harrer et al., 2024).

Отрасль электроники и производства компонентов в России, следующая стратегии гибкой интеграции в части применения RFID-технологий, аддитивных технологий и роботизации, в целом коррелирует с мировыми стратегическими приоритетами. Мировая электроника представляет собой эталон гиперавтоматизированного и глобализированного производства, где на ведущих предприятиях уровень роботизации и интеграции IoT на «умных фабриках» приближается к тотальному, а цифровые двойники и ИИ стали стандартными инструментами контроля качества продукции (Refai-Ahmed et al., 2024). Российский сектор демонстрирует верное стратегическое

направление, однако вероятный разрыв существует в масштабе, полноте и глубине интеграции этих систем, а также в степени охвата технологиями всей глобальной цепочки создания стоимости.

Авиакосмическая отрасль России, реализующая стратегию лидерства с опережающим внедрением центров обработки данных, цифровых двойников, роботов и аддитивных технологий, в стратегическом плане развивается в русле общемировых трендов. Глобальный аэрокосмический сектор исторически является пионером в области разработки сквозных цифровых двойников жизненного цикла изделий и аддитивного производства критичных компонентов (Sun et al., 2025). Ведущие корпорации активно внедряют облачные вычисления высокой производительности и методы ИИ для анализа эксплуатационных данных. Российская отрасль, судя по данным, не только следует этим трендам, но и демонстрирует высокие темпы внедрения, что объясняется исключительной сложностью продукта и исторически высоким технологическим уровнем сектора.

В итоге, качественное сравнение позволяет констатировать, что российские высокотехнологичные отрасли в целом движутся в том же стратегическом направлении, что и мировой рынок, адаптируя общие тренды к национальным приоритетам и регуляторной среде. Однако наблюдаются заметные различия в скорости диффузии, масштабе внедрения и, что наиболее существенно, в степени зрелости интеграции технологий в сквозные процессы.

Заключение

Представленный отраслевой анализ показывает, что цифровая трансформация не является единообразным процессом, а реализуется через четыре отчетливые, взаимозависимые технологические стратегии. Обработывающие производства демонстрируют прагматичный, эволюционный путь с приоритетом инфраструктуры контроля, сбором операционных данных и автоматизацией, но с осторожным подходом к облакам и интеллектуальной аналитике. Высокотехнологичные сектора (авиакосмос, электроника, фарма) реализуют более активную и комплексную траекторию, активно инвестируя в гибридную инфраструктуру, повсеместный сбор данных и, в перспективе, в интеллектуальную аналитику и сквозное цифровое проектирование. Эта дивергенция стратегий обусловлена фундаментальными различиями в отраслевых парадигмах: где для промышленности критична стабильность и безопасность, для высокотехнологичных отраслей ключевыми становятся скорость инноваций, сложность продукта и глобальная кооперация.

В ходе исследования выдвинутые гипотезы были подтверждены. Анализ данных показал, что существуют отчетливые отраслевые паттерны цифровой трансформации: каждая из трех высокотехнологичных отраслей (фармацевтика, электроника, авиакосмос) формирует уникальную конфигурацию технологических приоритетов, определяемую спецификой продукта и бизнес-процессов. Также была выявлена технологическая асинхронность: отрасли находятся на разных стадиях зрелости внедрения одних и тех же технологий (например, фармацевтика лидирует по сбору данных с помощью IoT, авиакосмос — по цифровым двойникам и аддитивным технологиям, а электроника — по RFID). Это подтверждает, что скорость и характер цифровой трансформации не универсальны, а зависят от отраслевого контекста.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки РФ для Института экономики УрО РАН на период 2024–2026 гг. №0327-2024-0010.

Acknowledgements

The study was carried out as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for the period 2024–2026, No. 0327-2024-0010.

Список источников

Авдеева, И. Л., Полянин, А. В., Головина, Т. А. (2019). Цифровизация промышленных экономических систем: проблемы и последствия современных технологий. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право*, 19(3), 238–245.

Акбердина, В. В. (2018). Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики. *Journal of New Economy*, 19(3), 82–99.

Истомина, Е. А. (2018). Оценка трендов цифровизации в промышленности. *Вестник Челябинского государственного университета*, 12(422), 108–116.

Краковская, И. Н., Корокошко, Ю. В., Слушкина, Ю. Ю. (2023). Российская практика государственного регулирования цифровой трансформации промышленности. *π-Economy*, 16(1), 21–38.

Лавренко, Е. В., Мечикова, М. Н. (2022). Цифровая трансформация промышленности: российский и зарубежный опыт. *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*, 11(1), 47–52.

Мыльник, А. В., Голов, Г. Р. (2025). Применение облачных технологий для управления данными в промышленности: обзор ключевых функций и возможностей. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 251(1), 172–190.

Пургаева, И. А., Некрасова, Т. А., Наролина, Т. С., Смотрова, Т. И. (2023). Цифровая трансформация промышленности: проблемы и перспективы. *Современная экономика: проблемы и решения*, 1, 34–49.

Хоменко, Е. Б., Ватутина, Л. А., Злобина, Е. Ю. (2022). Современные тенденции цифровой трансформации промышленных предприятий. *Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право»*, 32(4), 676–682.

Aldoseri, A., Al-Khalifa, K. N., & Hamouda, A. M. (2024). AI-powered innovation in digital transformation: Key pillars and industry impact. *Sustainability*, 16(5), 1790.

Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011). Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless personal communications*, 58(1), 49–69.

Berman, S. J. (2012). Digital transformation: opportunities to create new business models. *Strategy & leadership*, 40(2), 16–24.

Bucherer, E., & Uckelmann, D. (2011). *mBusiness models for the Internet of Things. Architecting the internet of things*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 253–277.

Buck, C., Clarke, J., de Oliveira, R. T., Desouza, K. C., & Maroufkhani, P. (2023). Digital transformation in asset-intensive organisations: The light and the dark side. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(2), 100335.

Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Foroughi, B., Tseng, M. L., Nikbin, D., & Khanfar, A. A. (2025). Industry 4.0 digital transformation and opportunities for supply chain resilience: a comprehensive review and a strategic roadmap. *Production planning & control*, 36(1), 61–91.

Ghosh, S., Hughes, M., Hodgkinson, I., & Hughes, P. (2022). Digital transformation of industrial businesses: A dynamic capability approach. *Technovation*, 113, 102414.

Harrer, S., Menard, J., & Rivers, M., et al. (2024). Artificial intelligence drives the digital transformation of pharma. Artificial intelligence in clinical practice. *Academic Press*, 345–372.

Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & information systems engineering*, 57(5) 339–343.

Refai-Ahmed, G., Zhirnov, V. V., & Park, S. B., et al. (2024). New Roadmap for Microelectronics: Charting the Semiconductor Industry's Path Over the Next 5, 10, and 20 Years. 2024 IEEE 26th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC), IEEE, 1260–1266.

Rêgo, B. S., Jayantilal, S., Ferreira, J. J., & Carayannis, E. G. (2022). Digital transformation and strategic management: A systematic review of the literature. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(4), 3195–3222.

Westerman, G., Tannou, M., Bonnet, D., Ferraris, P., & McAfee, A. (2012). The digital advantage: How digital leaders outperform their peers in every industry. *MITSloan Management and Capgemini Consulting, MA*, 2, 2–23.

Yaqub, M. Z., & Alsabban, A. (2023). Industry-4.0-enabled digital transformation: Prospects, instruments, challenges, and implications for business strategies. *Sustainability*, 15(11), 8553.

References

Avdeeva, I. L., Polyenin, A. V., & Golovina, T. A. (2019). Digitalization of Industrial Economic Systems: Problems and Consequences of Modern Technologies. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Economics. Management. Law*, 19(3), 238–245. (In Russ.)

Akberdina, V. V. (2018). Transformation of the Industrial Complex of Russia in the Conditions of Economy Digitalization. *Journal of New Economy*, 19(3), 82–99. (In Russ.)

Istomina, E. A. (2018). Assessment of Digitalization Trends in Industry // *Bulletin of Chelyabinsk State University*, 12(422), 108–116. (In Russ.)

Krakovskaya, I. N., Korokoshko, Yu. V., & Slushkina, Yu. Yu. (2023). Russian Practice of State Regulation of Digital Transformation of Industry. *π-Economy*, 16(1), 21–38. (In Russ.)

Lavrenko, E. V., & Mechikova, M. N. (2022). Digital Transformation of Industry: Russian and Foreign Experience. *Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technologies*, 11(1), 47–52. (In Russ.)

Mylnik, A. V., & Golov, G. R. (2025). Application of Cloud Technologies for Data Management in Industry: A Review of Key Functions and Capabilities. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, 251(1), 172–190. (In Russ.)

Purgava, I. A., Nekrasova, T. A., Narolina, T. S., & Smotrova, T. I. (2023). Digital Transformation of Industry: Problems and Prospects. *Modern Economy: Problems and Solutions*, 1, 34–49. (In Russ.)

Khomenko, E. B., Vatutina, L. A., & Zlobina, E. Yu. (2022). Modern Trends in the Digital Transformation of Industrial Enterprises. *Bulletin of Udmurt University. Series «Economics and Law»*, 32(4), 676–682. (In Russ.)

Aldoseri, A., Al-Khalifa, K. N., & Hamouda, A. M. (2024). AI-powered innovation in digital transformation: Key pillars and industry impact. *Sustainability*, 16(5), 1790.

Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011). Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless personal communications*, 58(1), 49–69.

Berman, S. J. (2012). Digital transformation: opportunities to create new business models. *Strategy & leadership*, 40(2), 16–24.

Bucherer, E., & Uckelmann, D. (2011). *Business models for the Internet of Things. Architecting the internet of things*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 253–277.

Buck, C., Clarke, J., de Oliveira, R. T., Desouza, K. C., & Maroufkhani, P. (2023). Digital transformation in asset-intensive organisations: The light and the dark side. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(2), 100335.

Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Foroughi, B., Tseng, M. L., Nikbin, D., & Khanfar, A. A. (2025). Industry 4.0 digital transformation and opportunities for supply chain resilience: a comprehensive review and a strategic roadmap. *Production planning & control*, 36(1), 61–91.

Ghosh, S., Hughes, M., Hodgkinson, I., & Hughes, P. (2022). Digital transformation of industrial businesses: A dynamic capability approach. *Technovation*, 113, 102414.

Harrer, S., Menard, J., & Rivers, M., et al. (2024). Artificial intelligence drives the digital transformation of pharma. Artificial intelligence in clinical practice. *Academic Press*, 345–372.

Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & information systems engineering*, 57(5) 339–343.

Refai-Ahmed, G., Zhirnov, V. V., & Park, S. B., et al. (2024). New Roadmap for Microelectronics: Charting the Semiconductor Industry's Path Over the Next 5, 10, and 20 Years. 2024 IEEE 26th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC), IEEE, 1260–1266.

Rêgo, B. S., Jayantilal, S., Ferreira, J. J., & Carayannis, E. G. (2022). Digital transformation and strategic management: A systematic review of the literature. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(4), 3195–3222.

Westerman, G., Tannou, M., Bonnet, D., Ferraris, P., & McAfee, A. (2012). The digital advantage: How digital leaders outperform their peers in every industry. *MITSloan Management and Capgemini Consulting, MA*, 2, 2–23.

Yaqub, M. Z., & Alsabban, A. (2023). Industry-4.0-enabled digital transformation: Prospects, instruments, challenges, and implications for business strategies. *Sustainability*, 15(11), 8553.

Сведения об авторе

Акбердина Виктория Викторовна — заместитель директора, ведущий научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН, <https://orcid.org/0000-0002-6463-4008> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29, e-mail: akberdina.vv@uiec.ru).

Viktoria V. Akberdina — Deputy Director, Leading Researcher, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-6463-4008> (Russian Federation, 620014, Yekaterinburg, 29 Moskovskaya St., e-mail: akberdina.vv@uiec.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 004.8:338.242

JEL classification: L80, M37, O31

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-2>

Возможности и риски применения искусственного интеллекта в бизнесе¹

Н. И. Бабанский

МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва, Россия).

<https://orcid.org/0009-0005-9605-3098>

Автор для корреспонденции: Н. И. Бабанский (babn08@bk.ru).

Аннотация: *Искусственный интеллект становится всё более и более востребованным во всех отраслях промышленности. Каждая организация так или иначе сталкивалась с продуктами его работы, начиная от рекламы, безопасности, заканчивая производственными процессами, помощником в браузере или на сайте. Однако может ли он быть полезен или несет в себе вызовы и угрозы безопасности? Целью работы является исследование передового международного опыта и оценка возможностей и угроз применения технологий искусственного интеллекта в сфере бизнесе на примере конкретных хозяйствующих субъектов. Были рассмотрены реальные кейсы, связанные с применением искусственного интеллекта в бизнесе, проведена оценка их эффективности и безопасности.*

Ключевые слова: возможности и вызовы, безопасность, хозяйствующий субъект, искусственный интеллект, преимущества и недостатки

¹ © Бабанский Н.И. Текст. 2026.

Opportunities and Risks of Applying Artificial Intelligence in Business

N. I. Babansky

MIREA — Russian Technological University (Moscow, Russia).

<https://orcid.org/0009-0005-9605-3098>

Corresponding author: N. I. Babansky (babn08@bk.ru).

Abstract: *Artificial intelligence is becoming more and more in demand in all industries. Every organization has encountered the products of its work in one way or another, ranging from advertising, security, and production processes to browser assistants or website. However, can it be useful or does it pose challenges and security threats? The purpose of this work is to study international best practices and assess the opportunities and threats of using artificial intelligence technologies in business, using the example of specific business entities. Real-life cases related to the use of artificial intelligence in business were examined, and their effectiveness and safety were evaluated.*

Keywords: opportunities and challenges, security, business entity, lawsuit

Введение

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) востребовано в бизнес-среде, т. к. он позволяет автоматизировать рутинные задачи, повысить эффективность процессов и получить конкурентное преимущество за счет анализа больших данных и поиска точечных решений. Однако организации сталкиваются с вызовами, включая высокую стоимость внедрения, нехватку квалифицированных кадров и риски, связанные с безопасностью данных и принятием решений алгоритмами, что обуславливает актуальность исследования передового международного опыта его применения в хозяйствующих субъектах.

Цель работы состоит в исследовании передового международного опыта и оценке возможностей и угроз применения технологий искусственного интеллекта в сфере бизнеса на примере конкретных хозяйствующих субъектов.

Для этого мы поставили задачи:

- изучить востребованность ИИ в сфере бизнеса;
- провести анализ успешных международных и отечественных практик применения ИИ в бизнесе;
- оценить эффективность и безопасность его использования, возможности и риски в хозяйственной деятельности.

В работе использованы общенаучные методы индукции и дедукции, анализа и синтеза, аналогии, а также сравнительный статистический анализ, обзор статей по данной тематике, аналитика на основе открытых данных.

Объектом исследования является совокупность информационных технологий для цифровой трансформации хозяйственной деятельности организации.

Предмет исследования — способы, методы и направления интеграции ИИ в деятельность хозяйствующего субъекта, обеспечивающие укрепление экономической безопасности.

Результаты

1. Насколько технологии ИИ востребованы в современном бизнесе?

Современные компании вне зависимости от их сферы деятельности, организационно-правовой формы и масштаба сталкиваются с рядом хозяйственных проблем: большой трафик клиентов, который нужно обработать и где-то хранить, сохраняя при этом его конфиденциальность, анализ электронных каналов продаж, анализ цепей поставок и настройка производственных мощностей, скоринг транзакций и пр. (рис. 1).

Искусственный интеллект способен решить такие проблемы, поскольку он работает автономно, а его производительность многократно превышает человеческие возможности. В связи с этим всё

| | |
|--|--|
| Финансовый сектор | <ul style="list-style-type: none"> • Скоринг, мониторинг мошенничества и алгоритмического трейдинга; • Моделирование и прогнозирование финансовых потоков, разработка новых финансовых продуктов |
| Промышленность | <ul style="list-style-type: none"> • Прогноз обслуживания оборудования и контроль качества; • Использование чат-ботов и голосовых помощников для обслуживания клиентов |
| Сельское хозяйство | <ul style="list-style-type: none"> • Системы управления БПЛА и дистанционного зондирования земли |
| Розничная торговля и e-commerce | <ul style="list-style-type: none"> • Персонализации рекомендаций и управления цепями поставок; • Анализ рынков сбыта, поведения клиентов и настройка каналов продаж |

Рис. 1. Примеры востребованных направлений применения ИИ в бизнес-среде (источник: сост. автором по: Сравнительный анализ и возможности ИИ-технологий для предотвращения мошенничества в финансовом секторе, Экономика. Информатика. 2025, 52(1), 110–124. DOI: 10.52575/2687-0932-2025-52-1-110-124)



Рис. 2. Размер российского рынка решений в сфере ИИ в разрезе субтехнологий за 2018–2024 гг., млрд руб. (источник: сост. автором по: Инновационные цифровые технологии в розничной торговле АПК (2021). *Modern Economy Success*, 6, 225–230)

больше и больше предприятий стараются внедрить системы ИИ в свое производство и сферу обслуживания клиентов. Так, например, уровень использования технологий искусственного интеллекта российскими организациями повысился с 20 % в 2021 г. до 43 % в 2024 г. (Катков и др., 2025).

2. Анализ реальных кейсов использования ИИ в хозяйствующих субъектах

К примеру, СберБанк использует системы искусственного интеллекта для связи с потребителями. ИИ принимает решение о выдаче кредитов для юридических лиц, обрабатывает многочисленные заявки и запросы в поддержке, помогает с навигацией в приложениях. К тому же искусственный интеллект помогает СберБанку анализировать угрозы безопасности и незамедлительно реагировать на ин-

циденты. Преимущественно используются языковые модели LLM и собственный чат-бот — GigaChat, разработанный СберБанком¹.

Т-банк так же, как и СберБанк, использует системы искусственного интеллекта для связи с клиентами: коммуникации в социальных сетях, обработки текстовой информации, а именно кластеризации и классификации основных проблем в диалогах с клиентами. Также у Т-банка есть собственный сетевой оператор, они предоставляют услуги связи с использованием искусственного интеллекта, который способен сам принимать вызовы и по собственному решению передавать их человеку. В сфере безопасности ИИ способен сам выявлять подозрительные операции между счетами и звонить клиенту, сообщая о возможной угрозе. Т-банк использует собственный ИИ — Safeliner для быстрого реагирования на угрозы².

ВкусВилл использует системы искусственного интеллекта для генерации отдельных элементов упаковок товаров, что многократно сокращает время создания дизайна. Также магазин разработал собственную чат-бот систему для определения качества фруктов и овощей на основе компьютерного зрения и нейронной сети. Сотрудники драксторов отправляют фотографии товаров в чат, после чего ИИ решает, что делать с продуктом. Нейронная сеть, разработанная совместно с Art Intelligence, помогает клиентам получать свежую и качественную продукцию³.

Ozon разработал собственный продукт на основе искусственного интеллекта для генерации карточек товара. ИИ-редактор позволяет обрабатывать фотографии: удалять или генерировать задний фон, повышать качество фотографии. Также Ozon позволяет продавцам генерировать фотографии собственных элементов одежды на ИИ-моделях⁴.

¹ В чём сила, бот? Как применяют искусственный интеллект (2025). Официальный сайт ПАО Сбербанк. 31 января 2025 [Электронный ресурс]. https://www.sberbank.ru/ru/s_m_business/pro_business/iskusstvennyj-intellekt-v-biznese-opyt-rossijskih-kompanij/ (дата обращения: 13.09.2025); Рожков, Р. (2025). Бразды исправления: ИИ от Т-Банка поможет разработчикам устранять уязвимости. Forbes. 21 мая 2025 [Электронный ресурс]. <https://www.forbes.ru/tehnologii/537676-brazdy-ispravlenia-ii-ot-t-banka-pomozet-razrabotcikam-ustranat-uazvimosti> (дата обращения: 13.09.2025).

² ИИ-Технологии. Официальный сайт АО «ТБанк» [Электронный ресурс]. <https://ai.tbank.ru/technologies/> (дата обращения: 13.09.2025).

³ Денисенко, А. (2024). «ВкусВилл» внедрил искусственный интеллект для распознавания испорченных овощей и фруктов. Snews. 01 августа 2024. https://www.cnews.ru/news/top/2024-08-01_vkusvill_vnedril_tehnologiyu (дата обращения: 13.09.2025).

⁴ Ozon разработал ИИ-редактор для изображений товаров (2024). cnews. 25 сентября 2024 [Электронный ресурс]. https://www.cnews.ru/news/line/2024-09-25_ozon_razrabotal_ii-redaktor (дата обращения: 13.09.2025).

Роснефть использует системы искусственного интеллекта для анализа геологических отчетов — «ЛитоТекст». Нейросеть способна определять 16 физических параметров ядра¹. Также она рассматривает достоверность старых отчетов, хранящихся в архиве. Компания добавила нейросеть, использующую LLM-технологии, способную анализировать большой объем неструктурированных данных, например, данные о местах длительной разработки или промышленную информацию. Также нейросеть позволяет избавиться от монотонной работы человека и автоматизировать рутинные процессы.

Газпром использует ИИ для анализа данных о распределении мощностей ЕСГ (единая система газоснабжения России). Нейросеть оперирует макроэкономической, техноэкономической и режимно-технологической информацией².

Яндекс широко использует нейросети во всех своих продукциях. Так, для пользователя в браузере Яндекса YandexART способен генерировать картинки по запросу пользователя, Yandex Translate позволяет переводить текст по фото и озвучивать видеоролики, переводя их с различных языков, умная камера позволяет производить поиск по фото. Также Яндекс сам разработал собственную нейросетевую модель YandexGPT на основе YaLM — языковой модели-трансформера с 13 млрд параметров³. Для бизнеса Яндекс разработал Яндекс метрику — систему, которая собирает и обрабатывает данные о пользователях с использованием систем искусственного интеллекта. В приложениях, связанных с маршрутизациями, ИИ используют для построения наиболее краткого маршрута.

Meta1 использует искусственный интеллект для создания таргетированной рекламы. Так, ИИ генерирует фотографии футбольного матча для создания рекламы билетов. Основываясь на информации о месте жительства пользователя, система разукрашивает форму футбольной команды и придумывает слоган, ориентируясь на предпочтения пользователя. Такая система позволяет создавать неограниченное количество вариаций рекламы, индивидуальной

¹ «Роснефть» внедряет новые технологии с использованием искусственного интеллекта (2025). Официальный сайт ПАО «НК «Роснефть». 28 июля 2025 [Электронный ресурс]. <https://www.rosneft.ru/press/news/item/222604/> (дата обращения: 13.09.2025).

² Газпром. Цифра. Искусственный интеллект. ООО «НИИгазэкономика» [Электронный ресурс]. <https://niigazekonomika.gazprom.ru/about/it-technology/gazprom.tsifra.iskusstvennyj-in/> (дата обращения: 13.09.2025).

³ Искусственный интеллект в сервисах Яндекса. ООО «Яндекс» [Электронный ресурс]. <https://ya.ru/ai/> (дата обращения: 13.09.2025).

для каждого человека. В будущем эта система будет помогать создавать уникальную рекламу для каждого пользователя.

На данных примерах мы можем увидеть, что искусственный интеллект российскими предприятиями используется в основном для обработки большого количества неструктурированной информации, связи с клиентами и генерации товарных упаковок и карточек. Систему защиты информации собственным ИИ доверяют только малое количество предприятий (в основном только финансовый сектор).

3. Оценка безопасности и востребованности использования ИИ в бизнес-среде

SaaStr — американский стартап, использующий помощник по кодированию Replit. 18 июля 2025 г. основатель компании сообщил, что нейросеть изменила производственный код и удалила производственную базу данных. Также ИИ генерировал поддельную информацию, фабрикуя отчеты.

Grok — чат-бот платформы X¹ сделал пользователю подробный план по проникновению в дом демократа из Миннесоты и нападению на него. Также чат-бот начал делать антисемитские заявления и оскорблять пользователей. Эти ошибки произошли из-за некачественных данных, которые нейросеть использовала для обучения и новых некорректных подсказок, загруженных ранее.

McDonalds использовал нейросети IBM для принятия заказов от клиентов на автомобилях. Однако голосовой помощник не мог корректно расслышать посетителей и добавлял лишние позиции в заказы. 13 июня 2024 г. компания прекратила использовать нейросети для принятия заказов.

NicaAI — чат-бот от компании Microsoft, который должен был помогать людям, желающим получить информацию о запуске и ведении бизнеса в городе, но нейросеть выдавала некорректные запросы. Она предлагала предпринимателям забирать чаевые у работников и продавать еду, которая была испорчена грызунами.

iTutor — компания, предоставляющая помощь студентам с обучением. В 2023 г. она производила набор персонала на основе ИИ. Однако программа автоматически отклоняла заявки мужчин и женщин в возрасте более 55 лет. По итогам этого более 200 заявок квалифицированных специалистов были отклонены². Эта ошибка по-

¹ Признаны экстремистской организацией в Российской Федерации.

² Olavsrud, T. (2025). 11 famous AI disasters. CIO [Электронный ресурс]. <https://www.cio.com/article/190888/5-famous-analytics-and-ai-disasters.html> (дата обращения: 13.09.2025).

явилась из-за некачественного подбора данных для обучения. Программа училась только на заявках молодых специалистов.

ChatGPT — нейросеть, которая использовалась адвокатом из компании Levidow в деле о травмах, полученных по вине компании Avianca. В поиске похожих дел адвокат обратился к нейросети и нашел 8 случаев. Однако 6 случаев из них были сфабрикованы нейросетью. После того, как выяснилась правда, суд оштрафовал компанию Levidow на 5 тыс. долл.¹

Air Canada — пассажир спросил у этого чат-бота о предоставлении скидки на билет в случае тяжелой утраты. ИИ, обязанный помогать пользователю, предложил воспользоваться скидкой, компенсировав затраты на уже купленные билеты, однако в офисе мужчине отказали, т. к. скидка предоставляется на еще не купленные билеты. Пользователь подал жалобу в суд, по итогам которого авиакомпания возместила ему разницу в цене, проценты и судебные издержки, посчитав, что чат-бот является представителем компании².

2 октября 2023 г. роботакси Cruise наехало на девушку, ранее сбитую другим автомобилем. В своём отчёте об инциденте компания заявила, что роботомобиль попытался экстренно затормозить, однако наезда избежать не удалось, и автомобиль остановился прямо на человеке. Женщина попала в больницу. Cruise передала полиции записи с камеры машины для установления случившегося. По итогу компания приостановила эксплуатацию своих автомобилей в Сан-Франциско и выплатила штраф в 1,5 млн долл. Национальной администрацией безопасности дорожного движения США за неполное раскрытие информации о серьёзной аварии с участием их автомобиля³.

На данных примерах мы можем увидеть, что даже искусственному интеллекту свойственно ошибаться. В основном ошибки случаются из-за качества и количества данных, на которых обучается нейросеть, и команд, которых ей задают.

В текущее время можно заметить рост интереса к технологиям ИИ, разнообразие сфер их применения и бизнес-процессов, в ко-

¹ Báo Thanh niên Công ty luật bị phạt 5.000 USD vì dùng thông tin từ ChatGPT. Vietnam.vn [Электронный ресурс]. <https://www.vietnam.vn/ru/cong-ty-luat-bi-phat-5-000-usd-vi-dung-thong-tin-tu-chatgpt> (дата обращения: 13.09.2025).

² Дони Джабаров ИИ обманул пассажира, пожелавшего сэкономить на билетах (2024). Газета.ru. 17 февраля 2024 [Электронный ресурс]. <https://www.gazeta.ru/tech/news/2024/02/17/22358833.shtml> (дата обращения: 13.09.2025).

³ Килимник, А. (2023). Прогнозируемый скандал. Автопилот, 4 октября [Электронный ресурс]. <https://www.autopilot.ru/doc/6253292> (дата обращения: 13.09.2025).

торых они используются, например, на российском рынке технологии ИИ используют около 70 % от числа всех предпринимателей. При этом 14 % опрошенных используют собственные решения, 44 % отдают предпочтения сторонним сервисам, а 42 % совмещают собственные и сторонние разработки¹. ИИ помогает компаниям с анализом данных и связью с общественностью, но важные решения и критическую инфраструктуру не стоит доверять ИИ из-за вероятности допустить ошибку.

Заключение

Нейросети уже способны заменить человеческий труд, включая самые сложные задачи, такие как прогнозирование и анализ данных, создание рекламных публикаций, выполняя большой объем работы. Однако они всё еще могут допускать ошибки, влекущие репутационные и финансовые убытки.

В нынешнее время использование ИИ на предприятиях не является обязательным, но при условии сохранения тенденций цифровизации в недалеком будущем будет невозможно составлять конкуренцию компаниям, применяющим ИИ. Таким образом, бизнес, который сможет грамотно применять искусственный интеллект сейчас, максимально используя его возможности и минимизируя риски, получит неоспоримое преимущество над другими предприятиями в будущем.

Список источников

Бабанская, А. С., Груднева, А. А., Коломеева, Е. С. и др. (2021). Инновационные цифровые технологии в розничной торговле АПК. *Modern Economy Success*, 6, 225–230.

Бабанская, А. С., Ермольева, Д. Р., Ефименко, Н. А., Акулова, С. А. (2025). Сравнительный анализ и возможности ИИ-технологий для предотвращения мошенничества в финансовом секторе. *Экономика. Информатика*, 52(1), 110–124. DOI: 10.52575/2687-0932-2025-52-1-110-124

Катков, Ю. Н., Глушак, Н. В., Каткова, Е. А. и др. (2025). *Искусственный интеллект в системе обеспечения экономической безопасности аграрных организаций: модели, схемы и инструменты практической реализации*. Москва: Изд. «Научный консультант», 255. ISBN 978-5-907933-33-0

¹ Рожков, Р. (2025). Генеративный искусственный интеллект используют 70 % российских компаний. *Forbes*. 17 апреля 2025 [Электронный ресурс]. <https://www.forbes.ru/tehnologii/535047-generativnyj-iskusstvennyj-intellekt-ispol-zuut-70-rossijskih-kompanij> (дата обращения: 13.09.2025).

References

Babanskaya, A.S., Ermolyeva, D.R., Efimenko, N.A., & Akulova, S.A. (2025). Comparative analysis and possibilities of AI technologies for fraud prevention in the financial sector. *Economy. Computer science*, 52(1), 110–124. DOI: 10.52575/2687-0932-2025-52-1-110-124 (In Russ.)

Babanskaya, A.S., Grudneva, A.A., Kolomeeva, E.S., Migunov, R.A., & Pliev, H. I. (2021). Innovative digital technologies in the retail trade of the agro-industrial complex. *Modern Economy Success*, 6, 225–230. (In Russ.)

Katkov, Yu.N., Glushak, N.V., & Katkova, E. A. et al. (2025). *Artificial intelligence in the system of ensuring the economic security of agricultural organizations: models, schemes and tools for practical implementation*. Moscow: Publishing house «Scientific consultant», 255. ISBN 978-5-907933-33-0 (In Russ.)

Сведения об авторе

Бабанский Никита Иванович — студент, МИРЭА — Российский технологический университет; <https://orcid.org/0009-0005-9605-3098> (Российская Федерация, 107076, г. Москва, ул. Стромынка, д. 20; email: babn08@bk.ru).

Nikita I. Babanskiy — student, MIREA — Russian Technological University; <https://orcid.org/0009-0005-9605-3098> (Russian Federation, 107076, Moscow, Stromynka str., 20; e-mail: babn08@bk.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 336.018(045)

JEL classification: J23, O18, R23

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-3>

Оценка социально-экономических эффектов цифровизации промышленности на основе теории регионального развития и поляризации пространства¹

А. З. Барыбина

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0003-3851-6064>

Автор для корреспонденции: А. З. Барыбина (barybina.az@uiec.ru).

Аннотация. Настоящее исследование посвящено анализу влияния цифровой трансформации на территориальную организацию экономики. Цель работы — выявить механизмы и последствия пространственной поляризации, индуцированной цифровизацией. В основе гипотезы лежит предположение, что платформизация усиливает центр-периферийные отношения. Методология основана на теоретических положениях регионального развития. Результаты показывают, что цифровизация концентрирует ресурсы в «цифровых полюсах роста», что приводит к усилению регионального неравенства, деградации периферийных территорий и трансформации рынков труда. Научный вклад заключается в систематизации социально-экономических эффектов. Выводы подчеркивают необходимость адаптации региональной политики. Результаты применимы в сфере государственного управления для сбалансированного территориального развития. Ограничением исследования является его теоретический характер, что задает направление для будущей эмпирической проверки выявленных закономерностей.

Ключевые слова: цифровизация промышленности, региональное развитие, пространственная поляризация, платформенная экономика, социально-экономические эффекты

¹ © Барыбина А.З. Текст. 2026.

Assessment of the socio-economic effects of industrial digitalization based on the theory of regional development and spatial polarization

A. Z. Barybina

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0003-3851-6064>

Corresponding author: A. Z. Barybina (barybina.az@uiec.ru).

Abstract. *This study is devoted to the analysis of the impact of digital transformation on the territorial organization of the economy. The aim of the work is to identify the mechanisms and consequences of spatial polarization induced by digitalization. The hypothesis is based on the assumption that platformization enhances the center-peripheral relations. The methodology is based on the theoretical principles of regional development. The results show that digitalization concentrates resources in the «digital poles of growth», which leads to increased regional inequality, degradation of peripheral territories and transformation of labor markets. The scientific contribution consists in the systematization of socio-economic effects. The conclusions emphasize the need to adapt regional policies. The results are applicable in the field of public administration for balanced territorial development. The limitation of the study is its theoretical nature, which sets the direction for future empirical verification of the revealed patterns.*

Keywords: digitalization of industry, regional development, spatial polarization, platform economy, socio-economic effects

Введение

Современный этап технологического развития характеризуется глубокой цифровой трансформацией промышленности, которая оказывает комплексное воздействие на пространственную организацию экономики. В научной литературе всесторонне изучены технологические аспекты цифровизации, однако ее влияние на региональное развитие через призму теорий поляризации пространства остается областью, требующей дальнейшего исследования. Традиционные модели регионального роста, основанные на факторах географического положения и ресурсной обеспеченности, оказываются недостаточно релевантными в условиях, когда конкурентные преимущества всё в большей степени определяются интеграцией в глобальные платформенные экосистемы и концентрацией цифровых активов.

В связи с этим целью данной работы является оценка социально-экономических эффектов цифровизации промышленности на основе теории регионального развития и поляризации пространства. Гипотеза исследования состоит в том, что цифровизация

выступает не просто технологическим трендом, а ключевым фактором фундаментальной реорганизации экономического пространства, системно усиливающим центро-периферийные диспропорции и порождающим новые формы регионального неравенства.

Логика работы строится на анализе механизмов воздействия цифровизации на перераспределение факторов производства, региональную специализацию, инфраструктурное развитие и рынки труда. Методологической основой служит теоретический аппарат региональной науки, позволяющий выявить системные взаимосвязи между технологическими изменениями и пространственными преобразованиями. В результате работы ожидается получить структурированную оценку последствий пространственной поляризации и обосновать необходимость адаптации инструментов региональной политики для достижения сбалансированного территориального развития в цифровую эпоху.

Обзор литературы

Исследование влияния цифровизации на экономическое пространство традиционно опирается на теоретический аппарат региональной науки, в рамках которой центральное место занимают теории поляризации и центро-периферийных взаимодействий. Классические работы заложили основу для понимания механизмов концентрации экономической активности в «полюсах роста» и распространения эффектов на периферийные территории (Morales & Rey, 2015; Turgel et al., 2022; Shang et al., 2025; Liu & Chen, 2025; Акбердина и др., 2019). В современном контексте эти идеи приобретают новое звучание, поскольку цифровая трансформация промышленности, опосредованная платформенными экосистемами, кардинально меняет логику пространственной организации (Yan et al., 2024).

Существующие исследования убедительно демонстрируют позитивное влияние цифровизации на микроуровне, отмечая ее вклад в повышение операционной эффективности предприятий, оптимизацию бизнес-процессов и улучшение качества управленческих решений (Гнатышина, 2025; Andriole, 2017; Gust et al., 2017; Pagani, 2013; Bharadwaj et al., 2013; Yan et al., 2024). На макроуровне признается роль цифровых платформ и инновационных предприятий в качестве ключевых инструментов региональной трансформации (Aly, 2022; Randall et al., 2018).

Вместе с тем анализ литературы выявляет существенный пробел. Большинство работ сосредоточено либо на технологических аспектах цифровой трансформации, либо на ее экономических эффек-

тах на уровне отдельной компании или национальной экономики в целом. В то же время системное понимание того, как цифровизация промышленности перестраивает территориальную структуру экономики, усиливая или ослабляя региональные диспропорции, остается фрагментарным (Nambisan et al., 2017). Трансформация воспринимается преимущественно как технологический сдвиг, тогда как ее фундаментальная роль как фактора пространственной реорганизации, требующей учета социальных, институциональных и управленческих аспектов (Chaminade et al., 2018, с. 89), часто остается на периферии научного дискурса.

Таким образом, исследовательский пробел заключается в отсутствии целостной оценки социально-экономических эффектов цифровизации промышленности через призму теории регионального развития, что не позволяет в полной мере прогнозировать и нивелировать новые формы пространственного неравенства, порождаемые платформенной экономикой. Данное исследование призвано восполнить этот пробел, предложив системный анализ механизмов и последствий пространственной поляризации, индуцированной цифровой трансформацией (Geels, 2002; Edquist, 2005).

Материалы и методы

Основу методологии данного исследования составляет теоретический анализ, опирающийся на принципы теории регионального развития и концепции поляризации пространства. В качестве основного метода выступил системный подход, позволивший рассмотреть цифровизацию промышленности как многогранный фактор, трансформирующий пространственную организацию экономики.

Методологический аппарат работы включает:

1) теоретический синтез идей и концепций, разработанных в рамках теории регионального развития (в частности, положения Ф. Перру и А. Хиршмана о поляризации и эффектах распространения), для построения аналитической рамки;

2) систематизацию и анализ выявленных причинно-следственных связей между процессами цифровизации и их социально-экономическими последствиями на региональном уровне;

3) сравнительный анализ различных аспектов территориального развития (пространственная организация, перераспределение факторов производства, инфраструктура, рынки труда) для выявления паттернов поляризации.

Материалом для исследования послужили теоретические положения и концептуальные модели, описанные в научной литерату-

ре по проблемам региональной экономики и пространственного развития. Основным инструментом обобщения и наглядного представления результатов выступила табличная форма (табл.), которая позволила структурировать и сопоставить механизмы воздействия цифровизации с их социально-экономическими последствиями по ключевым аналитическим аспектам.

Таким образом, примененный методологический комплекс обеспечил целостное рассмотрение исследуемой проблемы и позволил

Таблица

Оценка социально-экономических эффектов цифровизации промышленности на основе теории регионального развития и поляризации пространства

| Аспект анализа | Механизм воздействия цифровизации | Социально-экономические последствия |
|---|--|---|
| Пространственная организация | <ul style="list-style-type: none"> — Концентрация цифровых активов в регионах-хабах; — Формирование сетевой структуры вместо иерархической; — Виртуализация экономических связей | <ul style="list-style-type: none"> — Усиление центрo-периферийных отношений; — Возникновение «цифрового разрыва» между регионами; — Изменение логики территориального планирования |
| Перераспределение факторов производства | <ul style="list-style-type: none"> — Миграция человеческого капитала в цифровые хабы; — Концентрация инвестиций в инновационной инфраструктуре; — Переток данных и интеллектуальной ренты | <ul style="list-style-type: none"> — Деградация кадрового потенциала периферийных регионов; — Накопление критической массы развития в ограниченных территориях; — Усиление технологического неравенства |
| Региональная специализация | <ul style="list-style-type: none"> — Дифференциация по уровню цифровой зрелости; — Формирование «двойной экономики» внутри регионов; — Перераспределение цепочек создания стоимости | <ul style="list-style-type: none"> — Закрепление асимметричных ролей в платформенных экосистемах; — Потеря экономического суверенитета периферийными регионами; — Усиление моноспециализации депрессивных территорий |

Окончание табл. на след. стр.

| Аспект анализа | Механизм воздействия цифровизации | Социально-экономические последствия |
|---------------------------------|--|---|
| Инфраструктурное развитие | <ul style="list-style-type: none"> — Кумулятивный эффект технологических инвестиций; — Самоподдерживающийся механизм развития хабов; — Деградация инфраструктуры периферии | <ul style="list-style-type: none"> — Возникновение «цифровых оазисов» и «технологических пустынь»; — Усиление зависимости от качества цифровой инфраструктуры; — Накопление инфраструктурного долга в отдельных регионах |
| Рынки труда и расселение | <ul style="list-style-type: none"> — Концентрация высококвалифицированной занятости в агломерациях; — Миграционный отток из моногородов; — Виртуализация трудовых отношений | <ul style="list-style-type: none"> — Депопуляция периферийных промышленных регионов; — Сегментация регионов по качеству человеческого капитала; — Изменение демографического баланса |
| Управление развитием территорий | <ul style="list-style-type: none"> — Неэффективность традиционных инструментов региональной политики; — Необходимость новых подходов к пространственному развитию; — Трансформация системы государственного регулирования | <ul style="list-style-type: none"> — Пересмотр принципов региональной политики; — Разработка асимметричных подходов к развитию территорий; — Формирование новых механизмов межбюджетных отношений |

Источник: сост. автором.

выявить системные взаимосвязи, формирующие новую экономическую географию в условиях цифровой трансформации.

Результаты

В соответствии с примененной методологией системного анализа и теоретического синтеза, результаты исследования структурированы и обобщены в таблице. Как наглядно демонстрируют данные таблицы, цифровизация промышленности инициирует формирование принципиально новой экономической географии, основанной на логике сетевой организации.

Согласно теоретическим положениям Ф. Перру и А. Хиршмана, процессы поляризации и распространения эффектов (*spread effects*) приобретают в цифровую эпоху качественно новые характеристики (см. табл., аспект «Пространственная организация»). Платформенные экосистемы создают условия для усиления центростремительных сил, концентрируя добавленную стоимость в ограниченном числе «цифровых полюсов роста». Ключевым механизмом этой трансформации, как следует из анализа, выступает перераспределение факторов производства (аспект «Перераспределение факторов производства»). Человеческий капитал высокой квалификации, венчурные инвестиции и исследовательская инфраструктура концентрируются в регионах-хабах, обладающих развитой цифровой инфраструктурой, академическими центрами и благоприятной институциональной средой. Одновременно периферийные индустриальные регионы сталкиваются с устойчивым оттоком критических ресурсов, что усиливает их технологическое отставание и ограничивает возможности диверсификации экономики.

Социально-экономические эффекты пространственной поляризации, систематизированные в таблице, проявляются в нескольких измерениях. На региональном уровне наблюдается растущий разрыв в производительности труда и качестве рабочих мест между центрами платформенной экономики и традиционными промышленными территориями. Возникает феномен «двойной экономики» внутри регионов (аспект «Региональная специализация»), когда высокотехнологичный сектор, интегрированный в глобальные платформенные экосистемы, сосуществует с деградирующим традиционным производством.

Инфраструктурный аспект поляризации, представленный в таблице, выражается в формировании самоподдерживающегося механизма пространственного развития (аспект «Инфраструктурное развитие»). Регионы-хабы аккумулируют инвестиции в цифровую инфраструктуру следующего поколения (5G-сети, центры обработки данных), тогда как периферийные территории испытывают дефицит даже базовых цифровых сервисов. Это создает кумулятивный эффект технологического отставания, затрудняя интеграцию локальных производителей в глобальные цепочки создания стоимости. Особую значимость приобретает трансформация систем расселения и рынков труда (аспект «Рынки труда и расселение»). Концентрация высококвалифицированной занятости в агломерациях усиливает миграционный отток из малых и средних городов с моноотраслевой специализацией.

Теория регионального развития, примененная в качестве аналитического инструмента, позволяет также выявить новые формы пространственного взаимодействия. Цифровые платформы создают возможность формирования «виртуальных кластеров», преодолевающих географические ограничения. Однако эти сети характеризуются асимметричным распределением выгод, где регионы-хабы захватывают интеллектуальную ренту, а территории-периферии специализируются на стандартных производственных функциях с низкой добавленной стоимостью (аспект «Региональная специализация»).

Таким образом, использование табличной формы в качестве метода систематизации позволило наглядно сопоставить механизмы воздействия цифровизации с их социально-экономическими последствиями, подтвердив исходную гипотезу о ее ключевой роли в фундаментальной реорганизации экономического пространства и усилении центрально-периферийных диспропорций

Оценка на основе теории регионального развития демонстрирует, что цифровизация промышленности выступает не просто технологическим трендом, а фактором фундаментальной реорганизации экономического пространства. Поляризация становится системной характеристикой платформенной экономики, порождая новые вызовы для обеспечения сбалансированного территориального развития и социально-экономической когезии¹ в условиях цифровой трансформации промышленности.

Обсуждение

Полученные результаты позволяют утверждать, что цифровизация промышленности выступает не столько технологическим драйвером роста, сколько системным фактором, перераспределяющим конкурентные преимущества в пространстве. Выявленный механизм поляризации, при котором ключевые активы концентрируются в цифровых хабах, вступает в противоречие с традиционными парадигмами регионального развития, основанными на выравнивании. Это подтверждает тезисы классиков теории поляризации (Акбердина и др., 2023; Валько, 2019) о действии центростре-

¹ Социально-экономическая когезия — это связь между различными социальными группами общества, основанная на их экономическом состоянии, уровне жизни и благосостоянии. Она характеризует прочность и стабильность общества, отражая степень его единения, равного доступа к ресурсам и возможностям для всех членов. Термин происходит от физического понятия «когезия», которое обозначает внутренние силы связи между молекулами одного вещества.

мительных сил, но придает им новое качество в условиях сетевой, платформенной экономики.

Обнаруженный феномен «двойной экономики» внутри регионов расширяет выводы исследований, сфокусированных на макроуровне (Andriole, 2017; Bharadwaj et al., 2013), и демонстрирует, что цифровое неравенство воспроизводится не только между регионами, но и внутри них. Это создает новые вызовы для региональной политики, которая исторически была ориентирована на межрегиональные, а не внутрирегиональные диспропорции.

Кумулятивный эффект технологического отставания, выявленный в исследовании, согласуется с работами, подчеркивающими роль инфраструктуры (Edquist, 2005), но уточняет его: цифровая инфраструктура становится не просто фоном, а самоподдерживающимся активом, который либо притягивает, либо отталкивает дальнейшие инвестиции и человеческий капитал. Это объясняет, почему традиционные инструменты поддержки, такие как субсидии, оказываются неэффективными в условиях платформенной конкуренции.

Устойчивая когезия возникает при сбалансированном взаимодействии трех элементов: технологической интеграции (доступ к цифровым платформам и инфраструктуре), экономической включенности (равный доступ к ресурсам и возможностям создания стоимости) и социальной связанности (поддержание человеческого капитала и предотвращение депопуляции). Поляризационные процессы, описанные в исследовании, нарушают это равновесие: концентрация всех трех элементов в «цифровых оазисах» приводит к ослаблению связей и распаду единого экономического пространства.

Научный вклад данного исследования заключается в системной интеграции теории регионального развития и концепции поляризации пространства для анализа эффектов цифровизации. Предложенная аналитическая рамка, обобщенная в таблице, позволяет комплексно оценивать и прогнозировать социально-экономические последствия цифровой трансформации для территорий с разным уровнем развития.

Практическая значимость результатов состоит в том, что они обосновывают необходимость перехода от унифицированной региональной политики к асимметричной. Для цифровых хабов целесообразна политика, стимулирующая дальнейшую генерацию инноваций и их диффузию. Для периферийных регионов необходимы меры по созданию «цифровых мостов», защите и переподготовке человеческого капитала, а также поддержке нишевых производств,

интегрируемых в глобальные цепочки создания стоимости на новых условиях.

Таким образом, цифровизация не нивелирует, а трансформирует и потенциально усугубляет пространственное неравенство. Управление этим процессом требует не столько технологических инвестиций, сколько целенаправленных институциональных изменений и новой логики территориального планирования.

Заключение

Проведенное исследование на основе теории регионального развития демонстрирует, что цифровизация промышленности выступает ключевым фактором фундаментальной реорганизации экономического пространства. Подтверждена гипотеза о системном усилении центрo-периферийных диспропорций под влиянием платформенной экономики. Установлено, что концентрация цифровых активов, человеческого капитала и инвестиций в регионах-хабах приводит к формированию новой экономической географии, характеризующейся устойчивой поляризацией. Выявлены ключевые социально-экономические последствия данного процесса: возникновение «двойной экономики» внутри регионов, деградация кадрового потенциала периферийных территорий, кумулятивное технологическое отставание и трансформация систем расселения.

Научная новизна работы заключается в систематизации эффектов цифровой трансформации через призму поляризации пространства, что позволило разработать комплексную аналитическую рамку для оценки ее региональных последствий.

Практическая значимость результатов состоит в обосновании необходимости пересмотра принципов региональной политики. Традиционные инструменты территориального развития оказываются неэффективными в условиях, когда конкурентные преимущества определяются интеграцией в цифровые экосистемы. Это требует разработки асимметричных подходов, сочетающих стимулирование «точек роста» с мерами по предотвращению маргинализации отдельных территорий, включая создание «цифровых мостов» и адаптацию систем образования и профессиональной подготовки.

Направления будущих исследований, вытекающие из ограничения работы, связаны с необходимостью эмпирической верификации выявленных теоретических закономерностей. Перспективным представляется проведение сравнительного анализа кейсов регионов-хабов и периферийных промышленных территорий, а также количественная оценка глубины «цифрового разрыва» с использо-

ванием статистических методов. Дальнейшее исследование также требует разработки конкретных инструментов региональной политики, адаптированных к вызовам платформенной экономики.

Благодарности

Подготовлено в соответствии с планом научно-исследовательской работы ФГБУН «Институт экономики» Уральского отделения Российской академии наук на 2025 г.

Acknowledgements

Prepared in accordance with the research plan of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for 2025.

Список источников

Акбердина, В. В., Наумов, И. В., Красных, С. С. (2023). Цифровое пространство регионов: оценка факторов развития и влияния на социально-экономический рост. *Журнал прикладных экономических исследований*, 22(2), 294–322.

Валько, Д. В. (2019). Цифровизация регионального социо-эколого-экономического пространства России. *AlterEconomics*, 16(3), 402–413.

Гнатышина, Е. И. (2025). Инновационно-институциональная среда цифровой трансформации регионального промышленного комплекса. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 16(2), 86–99. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2025-16-2-86-99>

Aly, H. (2022). Digital transformation, development and productivity in developing countries: is artificial intelligence a curse or a blessing? *Review of Economics and Political Science*, 7(4), 238–256. <https://doi.org/10.1108/REPS-05-2022-0033>

Andriole, S. J. (2017). Five myths about digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 58(3), 1–5.

Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. V. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482.

Chaminade, C., Lundvall, B.-Å., & Haneef, S. (2018). *Advanced introduction to national innovation systems*. Edward Elgar Publishing.

Edquist, C. (2005). Systems of innovation: Perspectives and challenges. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 181–208). Oxford University Press.

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)

Gnatyshina, E. I. (2025). Innovatsionno-institutsional'naya sreda tsifrovoy transformatsii regional'nogo promyshlennogo kompleksa [Innovative and institutional environment of digital transformation of the regional industrial

complex]. *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie*, 16(2), 86–99. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2025-16-2-86-99>

Gust, G., Neumann, D., Flath, C. M., Brandt, T., & Ströhle, P. (2017). How a traditional company seeded new analytics capabilities. *MIS Quarterly Executive*, 16(3), 215–230.

Liu, J., & Chen, G. (2025). Analysis of the effect of regional economic digitalization on the development of cross-border e-commerce in agriculture. In *Proceedings of the 2nd Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area International Conference on Digital Economy and Artificial Intelligence (DEAI '25)* (pp. 571–579). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3700001.3700000>

Morales, I. C., & Rey, F. G. (2015). Cohesión territorial: de los alcances a la conceptualización. *Revista Geográfica Venezolana*, 56(2), 293–308. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/42601>

Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., & Song, M. (2017). Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World. *MIS Quarterly*, 41(1), 223–238.

Pagani, M. (2013). Digital business strategy and value creation: Framing the dynamic cycle of control points. *MIS Quarterly*, 37(2), 617–632.

Randall, L., Berlina, A., Teräs, J., & Rinne, T. (2018). Digitalisation as a tool for sustainable Nordic regional development: Preliminary literature and policy review. *Nordic thematic group for innovative and resilient regions*. <https://www.nordregio.org/publications/digitalisation-as-a-tool-for-sustainable-nordic-regional-development/> (дата обращения: 22.09.2025).

Shang, Y., Lee, H., & Ma, J. (2025). A study on the spatial effects of the digital economy on regional economic growth in China. *Sustainability*, 17(5), 2259. <https://doi.org/10.3390/su17052259>

Turgel, I., Pobedin, A., & Panzabekova, A. (2022). Digitalisation of the economy and regional development. In *Advances in African economic, social and political development* (pp. 1–20). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12999-6_1

Yan, S., Xi, Y., & Wu, Z. (2024). Enterprise digital transformation and compliance in cross-regional development: A dynamic capabilities perspective. *Sustainability*, 16(2), 844. <https://doi.org/10.3390/su16020844>

References

Akberdina, V. V., Naumov, I. V., & Krasnykh, S. S. (2023). Tsifrovoye prostranstvo regionov: otsenka faktorov razvitiya i vliyaniya na sotsial'no-ekonomicheskii rost. *Zhurnal Prikladnykh Ekonomicheskikh Issledovaniy*, 22(2), 294–322 (In Russ.)

Val'ko, D. V. (2019). Tsifrovizatsiya regional'nogo sotsio-ekologo-ekonomicheskogo prostranstva Rossii. *AlterEconomics*, 16(3), 402–413 (In Russ.)

Gnatyshina, E. I. (2025). Innovatsionno-institutsional'naya sreda tsifrovoy transformatsii regional'nogo promyshlennogo kompleksa. *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie*, 16(2), 86–99. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2025-16-2-86-99> (In Russ.)

Aly, H. (2022). Digital transformation, development and productivity in developing countries: is artificial intelligence a curse or a blessing? *Review of Economics and Political Science*, 7(4), 238–256. <https://doi.org/10.1108/REPS-05-2022-0033>

Andriole, S. J. (2017). Five myths about digital transformation. *MIT Sloan Management Review*, 58(3), 1–5.

Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. V. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482.

Chaminade, C., Lundvall, B.-Å., & Haneef, S. (2018). *Advanced introduction to national innovation systems*. Edward Elgar Publishing.

Edquist, C. (2005). Systems of innovation: Perspectives and challenges. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 181–208). Oxford University Press.

Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)

Gnatyshina, E. I. (2025). Innovatsionno-institutsional'naya sreda tsifrovoy transformatsii regional'nogo promyshlennogo kompleksa [Innovative and institutional environment of digital transformation of the regional industrial complex]. *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie*, 16(2), 86–99. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2025-16-2-86-99>

Gust, G., Neumann, D., Flath, C. M., Brandt, T., & Ströhle, P. (2017). How a traditional company seeded new analytics capabilities. *MIS Quarterly Executive*, 16(3), 215–230.

Liu, J., & Chen, G. (2025). Analysis of the effect of regional economic digitalization on the development of cross-border e-commerce in agriculture. In *Proceedings of the 2nd Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area International Conference on Digital Economy and Artificial Intelligence (DEAI '25)* (pp. 571–579). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3700001.3700000>

Morales, I. C., & Rey, F. G. (2015). Cohesión territorial: de los alcances a la conceptualización. *Revista Geográfica Venezolana*, 56(2), 293–308. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/42601>

Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., & Song, M. (2017). Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World. *MIS Quarterly*, 41(1), 223–238.

Pagani, M. (2013). Digital business strategy and value creation: Framing the dynamic cycle of control points. *MIS Quarterly*, 37(2), 617–632.

Randall, L., Berlina, A., Teräs, J., & Rinne, T. (2018). Digitalisation as a tool for sustainable Nordic regional development: Preliminary literature and policy review. *Nordic thematic group for innovative and resilient regions*. <https://www.nordregio.org/publications/digitalisation-as-a-tool-for-sustainable-nordic-regional-development/> (accessed: 22.09.2025)

Shang, Y., Lee, H., & Ma, J. (2025). A study on the spatial effects of the digital economy on regional economic growth in China. *Sustainability*, 17(5), 2259. <https://doi.org/10.3390/su17052259>

Turgel, I., Pobedin, A., & Panzabekova, A. (2022). Digitalisation of the economy and regional development. In *Advances in African economic, social and political development* (pp. 1–20). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12999-6_1

Yan, S., Xi, Y., & Wu, Z. (2024). Enterprise digital transformation and compliance in cross-regional development: A dynamic capabilities perspective. *Sustainability*, 16(2), 844. <https://doi.org/10.3390/su16020844>

Сведения об авторе

Барыбина Анна Зинуровна — младший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН, <https://orcid.org/0000-0003-3851-6064> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: barybina.az@uiec.ru).

Anna Z. Barybina — Junior Researcher, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0003-3851-6064> (29 Moskovskaya St., Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: barybina.az@uiec.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

Author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 336.018(045)

JEL classification: J23, O18, R23

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-4>

Социокультурные барьеры развития цифровой экономики: центральная роль цифровой грамотности и образовательного разрыва¹

А. З. Барыбина

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0003-3851-6064>

Автор для корреспонденции: А. З. Барыбина (barybina.az@uiec.ru).

Аннотация. В статье исследуется комплекс социокультурных барьеров, сдерживающих развитие цифровой экономики, с фокусом на проблемах цифровой грамотности и образовательного разрыва. Доказывается, что цифровая грамотность представляет собой многоуровневую компетенцию, включающую технические, информационные, коммуникационные навыки, грамотность в области безопасности и способность к созданию контента. На основе анализа конкретных кейсов в государственном, корпоративном и социальном секторах выявлено, что дефицит цифровой грамотности трансформируется в системный риск для экономической безопасности и социальной стабильности. Образовательный разрыв рассматривается как кросс-отраслевой вызов, проявляющийся в возрастном, географическом и социально-экономическом измерениях. В работе обоснована необходимость целостного подхода к развитию цифровой грамотности и преодолению образовательного разрыва через формирование национальной системы непрерывного обучения (lifelong learning). Предложены конкретные меры по интеграции образовательных стратегий, разработке многоуровневых программ обучения и стимулированию партнерства между государством, бизнесом и образовательными учреждениями.

Ключевые слова: цифровая экономика, социокультурные барьеры, цифровая грамотность, образовательный разрыв, цифровая трансформация, непрерывное обучение, человеческий капитал, экономика знаний

¹ © Барыбина А.З. Текст. 2026.

Socio-cultural barriers to the development of the digital economy: the central role of digital literacy and the educational gap

A. Z. Barybina

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0003-3851-6064>

Corresponding author: A.Z. Barybina (barybina.az@uiec.ru).

Abstract. *The article examines a complex of socio-cultural barriers hindering the development of the digital economy, focusing on digital literacy and the educational gap. It is proved that digital literacy is a multi-level competence that includes technical, informational, communication skills, security literacy and the ability to create content. Based on the analysis of specific cases in the state, corporate and social sectors, it is revealed that the digital literacy deficit is transforming into a systemic risk for economic security and social stability. The educational gap is considered as a cross-sectoral challenge manifesting in age, geographic and socio-economic dimensions. The paper substantiates the necessity of a holistic approach to the development of digital literacy and overcoming the educational gap through the formation of a national system of lifelong learning. Concrete measures are proposed for the integration of educational strategies, the development of multi-level training programs and the stimulation of partnership between the state, business and educational institutions.*

Keywords: digital economy, socio-cultural barriers, digital literacy, educational gap, digital transformation, lifelong learning, human capital, knowledge economy

Введение

Современный этап экономического развития характеризуется повсеместной цифровой трансформацией, становлением экономики знаний и переходом к модели Общества 5.0, где технологии служат решению социальных проблем (Deguchi et al., 2020). Однако, как показывают многочисленные исследования, технологический прогресс сам по себе не гарантирует успешного перехода к цифровой экономике. Парадокс современного развития заключается в том, что значительные инвестиции в «жесткую» инфраструктуру зачастую не приносят ожидаемой отдачи из-за наличия глубинных социокультурных барьеров (Sá et al., 2021; Agarwal et al., 2022).

Особую актуальность приобретает проблема цифровой грамотности населения, которая в научной литературе всё чаще рассматривается как критический фактор цифровой трансформации (Reddy et al., 2020; Martínez-Bravo et al., 2022). При этом сохраняется существенный разрыв между пониманием важности цифровой грамотности и системными подходами к ее развитию. Как отмечают исследовате-

ли, традиционные образовательные системы демонстрируют инерционность и не успевают адаптироваться к быстро меняющимся требованиям цифровой экономики (Milenkova et al., 2020).

Центральной проблемой, требующей комплексного изучения, является взаимосвязь между уровнем цифровой грамотности, образовательным разрывом и эффективностью цифровой трансформации экономики. Несмотря на наличие работ, посвященных отдельным аспектам этой проблемы (Sharma et al., 2016; Wardana et al., 2023), недостаточно изученными остаются механизмы трансформации дефицита цифровых компетенций в системные риски для экономического развития.

Гипотеза исследования состоит в том, что цифровая грамотность и образовательный разрыв выступают не просто сопутствующими факторами, а системообразующими барьерами развития цифровой экономики, которые обладают мультипликативным эффектом и детерминируют эффективность цифровой трансформации на макроуровне.

Цель работы — выявить структурные компоненты цифровой грамотности как многоуровневой компетенции и доказать системный характер образовательного разрыва как барьера развития цифровой экономики.

Методологическая основа включает в себя системный анализ, декомпозицию понятия цифровой грамотности, а также анализ конкретных кейсов реализации рисков в различных секторах экономики. Логика исследования строится на последовательном переходе от теоретического осмысления структуры цифровой грамотности к анализу ее практического значения через призму образовательного разрыва и выработке рекомендаций по преодолению выявленных барьеров.

Потенциальная научная значимость работы заключается в разработке целостной концепции цифровой грамотности как многоуровневой компетенции и обосновании необходимости системного подхода к преодолению образовательного разрыва. Практическая ценность исследования состоит в формулировке конкретных мер образовательной политики, направленных на обеспечение инклюзивного роста в условиях цифровой трансформации экономики.

Обзор литературы

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) стали неотъемлемой частью современного общества, определяемой как использование цифровых технологий для создания, распространения

и управления информацией, а также для коммуникации¹ (Sarkar, 2012). Несмотря на их потенциал для стимулирования роста образования, появления новых возможностей в развивающихся странах и развития таких областей, как здравоохранение, банкинг и электронное правительство (Sharma et al., 2019; Reddy et al., 2020), ИКТ также с 1990-х гг. являются причиной цифрового неравенства (Sarkar, 2012).

В цифровую эпоху владение цифровыми технологиями превратилось из дополнительного навыка в фундаментальную необходимость для доступа к информации, услугам и возможностям (Reddy et al., 2020; Ince, 2022; Siwach, 2013). Хотя такие технологии, как искусственный интеллект, Интернет вещей и большие данные, рассматриваются как опоры для решения сложных социальных проблем и обеспечения устойчивого роста (Deguchi et al., 2020; Adel, 2022), их внедрению препятствуют значительные социокультурные барьеры.

Ключевыми препятствиями являются угроза социального неравенства, а также недостаточная осведомленность, неадекватная инфраструктура и нехватка ресурсов (Sá et al., 2021; Agarwal et al., 2022). Эти барьеры ставят под угрозу социальную интеграцию и способствуют углублению образовательного и цифрового разрыва.

В этом контексте цифровая грамотность становится критическим фактором, позволяющим преодолеть эти барьеры. Она определяется не просто как концепция, а как прочная основа, которая позволяет individuals и группам продолжать учиться и развиваться в цифровом обществе (Milenkova et al., 2020). Цифровая грамотность включает в себя комплекс навыков: коммуникацию, понимание, критическое мышление, оценку, решение проблем (van Laar et al., 2020) и этичное использование информации (Meyers et al., 2013; Julien, 2019).

Высокий уровень цифровой грамотности позволяет различным слоям населения ответственно использовать цифровые услуги, что в свою очередь поддерживает социальную интеграцию, стимулирует местный экономический рост (Olufunke, 2018; Wardana et al., 2023) и обеспечивает устойчивость (Schallmo et al., 2017). Исследования подчеркивают, что инициативы в области цифровой грамотности напрямую связаны с достижением целей устойчивого развития (Sharma et al., 2016).

Экономика, основанная на знаниях, является основным двигателем конкурентоспособности и экономического роста (Milewska, 2018). П. Друкер еще в прошлом веке предсказал, что информация

¹ TechTerms. (2018). ICT definition: офиц. сайт [Электронный ресурс]. <https://techterms.com> (дата обращения: 22.09.2025).

и знания станут *crucial* элементами экономического успеха (Drucker, 2017). Цифровая грамотность и экономика знаний взаимно усиливают друг друга, повышая производительность труда и экономическое благосостояние (Erlanitasari & Rahmanto, 2019). Инвестиции в образование, исследования и инновации являются важной основой такой экономики (Hadzimustafa, 2016; Yusnandar et al., 2019).

Эмпирические данные подтверждают, что применение цифровой грамотности способствует экономическому росту в таких странах, как Китай (Jiao & Sun, 2021), Индия (Siwach, 2013; Rastogi et al., 2021) и Россия (Khyzhak & Mardar, 2021).

Одним из наиболее значительных социокультурных барьеров является образовательный разрыв, проявляющийся в недостатке понимания того, как технологии могут повысить эффективность бизнес-процессов и повлиять на экономику (Erlanitasari & Rahmanto, 2019). Это отсутствие понимания может подорвать конкурентоспособность и оставить целые сообщества позади в процессе экономической трансформации (Husna et al., 2023). Таким образом, цифровая грамотность фокусируется не только на технологических инструментах, но и на образовательных подходах, которые формируют необходимые цифровые навыки (Milenkova et al., 2020; Martínez-Bravo et al., 2022).

Представленный обзор литературы демонстрирует, что развитие цифровой экономики напрямую зависит от преодоления социокультурных барьеров, ключевыми из которых являются низкий уровень цифровой грамотности и сохраняющийся образовательный разрыв. Цифровая грамотность играет центральную роль в нивелировании этих барьеров, выступая связующим звеном между технологическими возможностями и социально-экономическим развитием. Дальнейшие исследования должны быть сфокусированы на разработке целевых образовательных стратегий, направленных на конкретные уязвимые группы населения для обеспечения инклюзивного роста в цифровую эпоху.

Материалы и методы

Методологическая основа настоящего исследования базируется на принципах системного подхода, что позволяет рассматривать цифровую грамотность как сложную, многоуровневую систему, находящуюся в постоянном взаимодействии с социально-экономической средой. Для достижения поставленной цели и проверки выдвинутой гипотезы была использована комбинация взаимодополняющих исследовательских методов, обеспечивающих комплексность анализа.

В качестве основного инструментария исследования применен контент-анализ научной литературы, в ходе которого проанализировано более 30 рецензируемых научных работ, опубликованных в период с 2012 по 2023 гг. в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science. Анализ проводился с целью выявления эволюции концептуальных подходов к пониманию цифровой грамотности и образовательного разрыва в контексте цифровой трансформации экономики.

Метод сравнительного анализа использован для сопоставления различных теоретических концепций цифровой грамотности и выявления универсальных структурных компонентов, сохраняющих свою значимость в различных национальных и отраслевых контекстах. Посредством декомпозиционного анализа осуществлено структурирование понятия цифровой грамотности на взаимосвязанные компоненты и уровни, что позволило выстроить иерархическую модель данной компетенции.

Метод кейс-стади применен для анализа конкретных примеров реализации рисков, связанных с низким уровнем цифровой грамотности в различных секторах экономики. Были исследованы кейсы из государственного, корпоративного и социального секторов, что обеспечило репрезентативность выборки и позволило выявить общие закономерности трансформации цифровой неграмотности в системные экономические риски.

Эмпирическую базу исследования составили научные публикации в рецензируемых журналах, статистические данные международных организаций (ОЭСР, Всемирный банк), аналитические отчеты авторитетных исследовательских центров, а также данные эмпирических исследований цифровой грамотности, проведенных в разных странах.

Процедура исследования включала в себя последовательную реализацию пяти этапов: выявление и анализ существующих теоретических подходов к определению цифровой грамотности; разработка многоуровневой модели цифровой грамотности; анализ проявлений образовательного разрыва в различных социально-экономических контекстах; выявление и систематизация рисков, связанных с низким уровнем цифровой грамотности; разработка рекомендаций по преодолению выявленных барьеров.

Выбор указанной комбинации методов обусловлен необходимостью обеспечения комплексного подхода к изучению многоаспектной проблемы цифровой грамотности и образовательного разрыва. Взаимодополняемость примененных методов позволила обеспе-

чить глубину анализа, валидность и достоверность полученных результатов, а также возможность их верификации в дальнейших исследованиях.

Результаты

В современной научной парадигме цифровая грамотность не редуцируется к элементарной технической способности использования интерфейсов. Она представляет собой сложную, многоуровневую компетенцию, формирующую цифровую субъектность — способность индивида к активному, осмысленному и безопасному участию в цифровой среде. Ее декомпозиция позволяет выявить структурные компоненты, дефицит каждого из которых создает специфические барьеры на пути интеграции в цифровую экономику (табл. 1).

Базово-технический уровень составляет фундамент всей конструкции. Он подразумевает не просто интуитивное осваивание смартфона, а системное понимание принципов работы операционных систем, файловых структур, навыков установки и обновления приложений, а также настройки параметров устройств для реше-

Таблица 1

Уровни цифровой грамотности и их содержание

| Уровень грамотности | Ключевые компетенции | Роль в цифровой экономике |
|--------------------------------------|--|--|
| 1. Базово-технический | Включение устройств, работа с ОС, браузером, установка приложений | Формирует базовую способность к взаимодействию с цифровой средой |
| 2. Информационный | Поиск, оценка достоверности, верификация и критическое осмысление информации | Противодействие дезинформации, основа для принятия решений |
| 3. Коммуникационный | Эффективное общение через цифровые каналы (e-mail, мессенджеры), сетевой этикет | Обеспечение коллаборации в дистанционных и гибридных форматах |
| 4. Безопасности | Создание надежных паролей, распознавание фишинга, защита персональных данных | Формирование доверия к цифровым транзакциям и сервисам |
| 5. Создания контента и решения задач | Использование ПО для анализа данных, создания цифровых продуктов, ведения онлайн-бизнеса | Непосредственное создание добавленной стоимости в цифровой экономике |

Источник: сост. автором.

ния конкретных задач. Отсутствие этого слоя делает индивида пассивным потребителем ограниченного набора функций, неспособным к адаптации к новым цифровым инструментам, что приводит к маргинализации на фоне стремительной эволюции технологий.

Над техническим уровнем надстраивается информационная грамотность, значение которой в эпоху информационной перегрузки и генеративной искусственного интеллекта трудно переоценить. Данная компетенция включает комплекс навыков критического анализа: верификацию источников информации, оценку их релевантности и достоверности, выявление дезинформации и манипулятивных техник, а также эффективный поиск с использованием продвинутых языковых запросов. Незрелость этого компонента порождает такие системные риски, как уязвимость к фейковым новостям, неспособность к принятию обоснованных решений и, как следствие, эрозия доверия к цифровому пространству в целом.

Следующим критически важным элементом является коммуникационная грамотность. В условиях гибридных форматов работы и социального взаимодействия она выходит далеко за рамки умения отправить сообщение. Речь идет о владении нормами сетевого этикета (нетикета), понимании контекстных особенностей различных цифровых сред (деловой e-mail vs чат в мессенджере), способности к эффективной коллаборации с использованием инструментов совместной работы (например, Google Docs, Trello, Miro) и созданию цифрового следа, соответствующего профессиональным и социальным целям.

Грамотность в области безопасности выступает обязательным условием для любого вида цифровой активности, являясь краеугольным камнем доверия. Этот уровень предполагает не только знание правил создания сложных паролей, но и глубокое понимание моделей киберугроз: умение идентифицировать фишинговые атаки, осознание ценности и принципов защиты персональных данных, понимание работы двухфакторной аутентификации и основ шифрования. Дефицит данной компетенции превращает пользователя в потенциальную жертву мошенничества, а его неверные действия могут создавать риски для целых организационных систем.

Вершиной структуры цифровой грамотности является компетенция создания контента и решения задач. Именно этот уровень трансформирует пассивного пользователя в активного творца и производителя цифровой экономики. Он включает способность использовать программное обеспечение для анализа данных (например,

Excel, Power BI), создавать цифровые продукты (от видеоконтента до веб-сайтов), управлять онлайн-проектами и вести предпринимательскую деятельность через цифровые платформы. Развитие этого компонента напрямую коррелирует со способностью индивида генерировать добавленную стоимость в цифровой среде.

Таким образом, цифровая грамотность предстает как взаимосвязанная иерархическая система, где дефицит на любом из уровней подрывает эффективность всей конструкции. Базовые навыки являются необходимым, но абсолютно недостаточным условием. Формирование полноценного цифрового гражданина и профессионала требует целостного подхода к развитию всех пяти компонентов, что является ключевой задачей для образовательных систем и корпоративных стратегий в XXI в.

Понятие «образовательный разрыв» в контексте цифровой экономики трансформируется из узкопедагогической категории в комплексный системный риск, угрожающий экономической безопасности, социальной стабильности и технологическому суверенитету государства. Этот разрыв проявляется не как однородный феномен, а как совокупность стратифицированных дефицитов, воспроизводящих и усугубляющих существующее социальное неравенство на новой, цифровой основе. Низкий уровень цифровой грамотности не является маргинальной проблемой, а порождает конкретные негативные сценарии для экономики (табл. 2).

Возрастной разрыв («цифровые аборигены» vs «цифровые иммигранты») представляет собой не просто разницу в технической сноровке, а фундаментальное расхождение в когнитивных моделях взаимодействия с информационной средой. Для старших поколений («иммигрантов») цифровые технологии остаются внешним инструментом, требующим целенаправленного освоения и преодоления психологического барьера. Их обучение часто носит репродуктивный характер, что делает их уязвимыми к любым изменениям интерфейсов или алгоритмов. Напротив, поколение «аборигенов» осваивает цифровую среду интуитивно-иммерсивным путем, однако это не гарантирует развития у них критической информационной и смыслопорождающей грамотности. Экономические последствия проявляются в сокращении экономически активного возраста значительной части населения, ее исключении из современных цепочек создания стоимости и возрастании нагрузки на социальные системы.

Географический разрыв (урбанизированные центры vs периферия) формирует новую карту цифрового пространства, где до-

Кейсы реализации рисков, обусловленных низкой цифровой грамотностью

| Сфера возникновения | Кейс / Проявление | Социокультурные и экономические последствия |
|---|--|--|
| Государственный сектор | Срыв внедрения электронных медицинских карт и порталов госуслуг. Врачи и пациенты (особенно пожилые) не прошли адекватного обучения, не доверяют системе, предпочитая бумажный документооборот | Низкая окупаемость государственных инвестиций в ИТ, сохранение бюрократической нагрузки, недоступность сервисов для уязвимых групп населения, усиление цифрового неравенства |
| Корпоративный сектор | Неэффективное внедрение CRM / ERP-систем. Сопротивление сотрудников и менеджмента, отсутствие мотивации и глубокого понимания преимуществ систем, саботаж нововведений | Падение производительности труда, неспособность к цифровой трансформации, потеря конкурентоспособности, низкая отдача от инвестиций в ИТ |
| Общественная безопасность и социальная стабильность | Массовая уязвимость к кибермошенничеству и дезинформации. Невозможность отличить фишинговое сообщение от легитимного, доверие к фейковым новостям | Прямые финансовые потери граждан, подрыв доверия к цифровым финансовым институтам, рост социальной напряженности |
| Кадровый потенциал высокотехнологичных отраслей | «Кадровый голод» в сферах AI, Data Science, кибербезопасности. Система высшего образования не успевает адаптировать программы под быстро меняющиеся требования рынка | Торможение развития целых секторов экономики, зависимость от узкого круга дорогостоящих специалистов, «утечка мозгов» |

Источник: сост. автором.

ступ к возможностям определяется почтовым индексом. Этот разрыв имеет двухуровневую структуру. На инфраструктурном уровне он выражается в неравенстве доступа к высокоскоростному интернету и современной вычислительной технике. На кадрово-содержательном уровне наблюдается концентрация образовательных хабов, ИТ-специалистов и центров повышения квалификации в мегаполисах. Периферийные регионы сталкиваются с «двойной фильтрацией»: даже при наличии инфраструктуры отсутствует среда для передачи актуальных знаний и компетенций. Результатом становится углубление регионального неравенства, отток молодежи

жи и, как следствие, стагнация локальных экономик, неспособных интегрироваться в цифровые рынки.

Социально-экономический разрыв воспроизводит и усиливает традиционные формы социального расслоения через призму цифровых возможностей. Он проявляется:

- в неравенстве доступа к качественным устройствам и платным образовательным платформам;

- цифровом патернализме, когда представители уязвимых групп не видят себя активными субъектами цифровой экономики, а лишь потребителями базовых госуслуг;

- «третьем цифровом разрыве» — неспособности даже при наличии доступа использовать цифровые инструменты для социально-экономического продвижения (например, для удаленной работы, фриланса или создания онлайн-бизнеса).

Ключевым проявлением системного риска является структурный дисбаланс на рынке труда, приобретающий характер «кадрового голода». Спрос на специалистов в области анализа больших данных, машинного обучения и кибербезопасности многократно превышает предложение. Классическая система высшего образования, в силу своей инерционности, не успевает адаптировать программы, что приводит к выпуску специалистов с устаревшими компетенциями. Это создает «петлю отрицательной обратной связи»: компании, не находя готовых кадров, вынуждены либо замедлять темпы цифровой трансформации, либо инвестировать в дорогостоящее корпоративное обучение, либо инициировать «охоту за головами», что еще больше дестабилизирует рынок.

Макроэкономические последствия образовательного разрыва носят кумулятивный характер:

- снижение совокупной факторной производительности из-за неэффективного использования цифровых технологий;

- торможение инновационного цикла вследствие дефицита кадров для исследований и разработок (R&D);

- рост социальных расходов на поддержку групп, исключенных из цифровой экономики;

- потеря конкурентных позиций страны в глобальной экономике, основанной на знаниях.

Таким образом, образовательный разрыв перестает быть проблемой сферы образования, становясь кросс-отраслевым вызовом, требующим координации усилий государства, бизнеса и образовательных институтов для формирования национальной системы не-

прерывного обучения (*lifelong learning*), способной адаптироваться к опережающему темпу технологических изменений.

Обсуждение

Проведенный анализ позволяет констатировать, что проблема цифровой грамотности и образовательного разрыва выходит за рамки сугубо педагогической или технологической дискуссии, приобретая характер макроэкономического вызова. Полученные результаты демонстрируют, что структурные компоненты цифровой грамотности образуют тесно взаимосвязанную иерархию, где дефицит на любом уровне создает каскадный эффект, подрывающий эффективность цифровой трансформации в целом. Это подтверждает тезисы ряда исследователей о том, что цифровая грамотность служит фундаментом для социальной интеграции и экономического роста в цифровую эпоху (Reddy et al., 2020; Sharma et al., 2016).

Выявленные кейсы реализации рисков (табл. 2) свидетельствуют о том, что низкий уровень цифровой грамотности не является маргинальной проблемой отдельных социальных групп, а трансформируется в системный риск для национальной экономики. В частности, сопротивление внедрению CRM / ERP-систем в корпоративном секторе согласуется с выводами Д. Шальмо и соавторов (Schallmo et al., 2017), что цифровая трансформация бизнес-моделей наталкивается на культурные и кадровые барьеры, а не только на технологические ограничения. Аналогично, уязвимость населения к кибермошенничеству и дезинформации подчеркивает актуальность подхода Е. ван Лаар и его коллег (van Laar et al., 2020), рассматривающих цифровую грамотность как комплекс навыков XXI в., среди которых критическое мышление и грамотность в области безопасности играют ключевую роль.

Образовательный разрыв, рассмотренный через призму возрастного, географического и социально-экономического измерения, выступает не следствием, а причиной углубления социального неравенства. Полученные данные подтверждают выводы М. Са и соавторов (Sá et al., 2021) о том, что в условиях становления Общества 5.0 сохраняются значительные барьеры, связанные с осведомленностью и ресурсами. Концентрация образовательных хабов и IT-специалистов в урбанизированных центрах, выявленная в нашем исследовании, создает эффект «двойной фильтрации» для периферийных регионов, что усугубляет региональные диспропорции и тормозит формирование единого цифрового пространства.

Особого внимания в контексте обсуждения заслуживает феномен «кадрового голода» в высокотехнологичных отраслях. Данный результат перекликается с исследованиями, подчеркивающими взаимосвязь цифровой грамотности и экономики, основанной на знаниях (Milewska, 2018; Yusnandar et al., 2019). Инерционность системы высшего образования, не успевающей адаптировать программы под быстро меняющиеся требования рынка труда, создает «петлю отрицательной обратной связи», когда бизнес вынужден замедлять темпы цифровой трансформации из-за дефицита квалифицированных кадров. Это свидетельствует о необходимости опережающей подготовки кадров и тесной интеграции образовательных институтов с реальным сектором экономики, как того требует концепция «обучения в течение всей жизни» (*lifelong learning*).

Таким образом, дискуссия позволяет сделать вывод, что преодоление социокультурных барьеров развития цифровой экономики требует не фрагментарных мер, а системной образовательной политики, направленной на одновременное развитие всех уровней цифровой грамотности и нивелирование образовательного разрыва. Перспективы дальнейших исследований видятся в разработке и апробации целевых образовательных программ для различных социально-демографических групп, а также в оценке экономического эффекта от инвестиций в цифровую грамотность на макро- и микроуровне.

Заключение

Проведенный анализ позволяет утверждать, что цифровая грамотность и образовательный разрыв являются не второстепенными, а ключевыми социокультурными барьерами на пути развития цифровой экономики. Они носят мультипликативный характер: низкая грамотность населения усиливает недоверие к цифровым институтам, что в свою очередь снижает эффективность государственных и корпоративных IT-проектов и в конечном итоге тормозит экономический рост.

Преодоление данного барьера требует выработки комплексного государственного и корпоративного подхода, направленного на интеграцию концепции «обучения в течение всей жизни» (*lifelong learning*) в национальные образовательные стратегии, разработку многоуровневых программ обучения, адресованных различным возрастным и социальным группам, от базовых цифровых навыков для пожилых до продвинутых программ переквалификации, стимулирование партнерства между государством, образовательными

ми учреждениями и бизнесом для актуализации учебных программ и быстрого закрытия возникающих кадровых дефицитов.

Только при условии ликвидации образовательного разрыва инвестиции в технологическую инфраструктуру смогут реализовать свой полный потенциал для перехода к устойчивой и инклюзивной цифровой экономике.

Благодарности

Исследование проведено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант РФФ №25-28-01608), <https://rscf.ru/project/25-28-01608/>.

Acknowledgements

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (Russian Foundation for Basic Research Grant No. 25-28-01608), <https://rscf.ru/project/25-28-01608/>.

Список источников

Adel, A. (2022). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5>

Agarwal, V., Malhotra, S., & Kaul, A. (2022). What is stopping us from Implementing Society 5.0?: A mixed method study. *Model Assisted Statistics and Applications*, 17, 219–229. <https://doi.org/10.3233/MAS-220402>

Andersson, A., & Hatakka, M. (2013). What are we doing? Theories used in ICT4D research. In *Proceedings of the 12th International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries*.

Deguchi, A., Hirai, C., Matsuoka, H., Nakano, T., Oshima, K., Tai, M., & Tani, S. (2020). What Is Society 5.0? In *Society 5.0: A People-centric Super-smart Society*. Springer Open. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4>

Drucker, P. F. (2017). *The age of discontinuity: Guidelines to our changing society* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315130873>

Erlanitasari, Y., & Rahmanto, A. (2019). Digital Economic Literacy Micro, Small and Medium Enterprises (SMEs) Go Online. *Jurnal Informasi*, 49(2), 145–156.

Grefen, P. (2021). Digital Literacy and Electronic Business. *Encyclopedia*, 1(3), 934–941. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1030071>

Hadzimustafa, S. (2016). *The Knowledge Economy and Sustainable Economic Growth*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:169547230>

Heeks, R. (2008). ICT4D 2.0: The next phase of applying ICT for international development. *Computer*, 41(6), 26–33.

Husna, J., Syakur, A., Wijayanti, I., & Wiratmo, L. B. (2023). Techno Park (STP) In the Field of Maritime to Promote Business Incubation and Community Empowerment in Indonesi Vocational Educations and Training (VET) Adoption at Science Techno Park (STP) In the Field of Maritime to Promote Business Incubation

and Community Empowerment in Indonesia. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 38 (2), 1–15. <https://doi.org/10.52155/ijpsat.v38.2.5281>

Ince, F. (2022). Digital Literacy Training. In *Advanced Library and Information Science* (pp. 185–199). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-я-7998-8363-0.ch009>

Jiao, S., & Sun, Q. (2021). *Digital Economic Development and Its Impact on Economic Growth in China: Research Based on the Perspective of Sustainability*. Sustainability. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:240540766>

Julien, H. E. (2019). *Digital Literacy in Theory and Practice*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:158196663>

Khyzhak, N., & Mardar, D. (2021). On the Impact of Digital and Financial Literacy on the Homogeneity of the Russian Federation Economic Space. Analysis Attempt. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Spatial Development of Territory (SDT 2020)*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:238774750>

Martínez-Bravo, M. C., Chalezquer, C. S., & Serrano-Puche, J. (2022). Dimensions of Digital Literacy in the 21st Century Competency Frameworks. *Sustainability*, 14 (3). <https://doi.org/10.3390/su14031867>

Meyers, E. M., Erickson, I., & Small, R. V. (2013). Digital literacy and informal learning environments: An introduction. *Learning, Media and Technology*, 38 (4), 355–367. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.783597>

Milewska, A. (2018). Knowledge Based Economy: Opportunities and Challenges. *Economic and Social Development*, 2, 313–318.

Milenkova, V., Manov, B., & Peicheva, D. (2020). Shaping Digital Literacy in Knowledge Society. In T. Ahram, R. Taiar, V. Gremeaux-Bader, & K. Aminian (Eds.), *Human Interaction, Emerging Technologies and Future Applications II* (pp. 279–284). Springer International Publishing.

Nand, K., & Sharma, P. (2019). The role of ICT in financial inclusion and growth. In *Digital India* (pp. 85-102). Springer.

Olufunke, M. (2018). Information Literacy and Sustainable Development. *International Review of Management and Business Research*, 7 (2), 460–466. [https://doi.org/10.30543/7-2\(2018\)-14](https://doi.org/10.30543/7-2(2018)-14)

Pojani, D., & Stead, D. (2015). The urban transport crisis in emerging economies: An introduction. In *The Urban Transport Crisis in Emerging Economies* (pp. 1–11). Springer.

Rastogi, S., Panse, C., Sharma, A., & Bhimavarapu, V. M. (2021). Unified Payment Interface (UPI): A Digital Innovation and Its Impact on Financial Inclusion and Economic Development. *University Journal of Accounting and Finance*, 9 (3), 452–461. <https://doi.org/10.13189/ujaf.2021.090326>

Reddy, P., Sharma, B., & Chaudhary, K. (2020). Digital literacy: A review of literature. *International Journal of Technoethics*, 11 (2), 65–94. <https://doi.org/10.4018/IJT.20200701.oa1>

Reddy, P., Chaudhary, K., & Sharma, B. (2017). The digital literacy narrative in the context of the Pacific Islands. In *Proceedings of the 2017 ACM SIGUCCS Annual Conference*.

Sá, M. J., Santos, A. I., Serpa, S., & Ferreira, C. M. (2021). Digital Literacy in Digital Society 5.0: Some Challenges. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 10(2), 1–9. <https://doi.org/10.36941/ajis-2021-0033>

Sandra, J., & Yuliawan, K. (2021). The Importance of Digital Literacy for Society 5.0: A Phenomenological Approach. *Technology and Social Sciences Journal*, 17, 235–243. <https://doi.org/10.47577/tssj.v28i1>

Sarkar, S. (2012). The role of information and communication technology (ICT) in higher education for the 21st century. *The Science Probe*, 1(1), 30–41.

Schallmo, D., Williams, C. A., & Boardman, L. (2017). Digital transformation of business models—best practice, enablers, and roadmap. *International Journal of Innovation Management*, 21(8), 1–17. <https://doi.org/10.1142/S136391961740014X>

Sharma, R., Fantin, A.-R., Prabhu, N., Guan, C., & Dattakumar, A. (2016). Digital literacy and knowledge societies: A grounded theory investigation of sustainable development. *Telecommunications Policy*, 40(7), 628–643. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.05.003>

Sharma, P., Nand, K., & Reddy, P. (2019). ICT and financial inclusion: A review of the literature. In *Digital India* (pp. 103–120). Springer.

Siwach, A. K. (2013). *Information Literacy as an Empowering Tool in the Emerging Knowledge Society*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:154355263>

UNDP. (2008). *Empowering people for a stronger nation*. United Nations Development Programme.

van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2020). Measuring the levels of 21st-century digital skills among professionals working within the creative industries: A performance-based approach. *Poetics*, 81, 101434. <https://doi.org/10.1016/j.poetic.2020.101434>

Walsham, G. (2017). ICT4D research: reflections on history and future agenda. *Information Technology for Development*, 23(1), 18–41.

Wardana, L. W., Narmaditya, B. S., Wibowo, A., Maulana, M. A. R., Alifah, L., & Ahmad, I. (2023). Do digital literacy and business sustainability matter for creative economy? The role of entrepreneurial attitude. *Heliyon*, 9(1), e12763. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12763>

Yusnandar, Y., Masbar, R., Nazamuddin, B. S., & Jamal, A. (2019). High-skilled Workforce and Productivity Growth: the Knowledge-based Economics Perspective. In *Proceedings of the 1st Aceh Global Conference (AGC 2018)*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/agc-18.2019.81>

Сведения об авторе

Барыбина Анна Зинуровна — младший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН, <https://orcid.org/0000-0003-3851-6064> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: barybina.az@uiiec.ru).

Anna Z. Barybina — Junior Researcher, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0003-3851-6064> (29

Moskovskaya St., Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: barybina.az@uiee.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

Authors declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 331.526

JEL classification: J23

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-5>

Дисбалансы на региональном рынке труда в IT-сфере среди выпускников СПО на примере Свердловской области¹

Д. В. Буглак

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0009-0005-3847-7618>

Автор для корреспонденции: Д. В. Буглак (glen1892@yandex.ru).

Аннотация. В условиях ускоренной цифровой трансформации экономики Свердловской области IT-сектор выступает одним из ключевых факторов регионального развития. Реализация национальных проектов в сфере цифровизации, рост числа IT-компаний и расширение спектра цифровых услуг формируют устойчивый запрос на квалифицированные кадры. При этом на региональном рынке труда наблюдается выраженная асимметрия: спрос на высококвалифицированных IT-специалистов с высшим образованием существенно превышает предложение, тогда как выпускники учреждений среднего профессионального образования сталкиваются с избыточным предложением и низкой востребованностью. Проблема заключается не в отсутствии спроса на специалистов сферы информационных технологий (программистов, администраторов баз данных, специалистов по информационным системам и так далее), а в отсутствии спроса на выпускников техникумов этих специальностей в том объеме, в котором осуществляется их подготовка. В результате исследования была подтверждена гипотеза, что, несмотря на высокий общий спрос на IT-специалистов в Свердловской области, востребованность выпускников СПО по 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника» существенно ниже предложения, что обусловлено приоритетом работодателей к кадрам с высшим образованием и более глубокой профессиональной подготовкой (высококвалифицированным специалистам). Также были сформулированы предложения по снижению выявленного дисбаланса в дальнейшем.

Ключевые слова: дисбаланс, рынок труда, IT-сфера, среднее профессиональное образование, Свердловская область

¹ © Буглак Д. В. Текст. 2026.

Imbalances in the regional IT labor market among vocational education graduates: The case of the Sverdlovsk region

D. V. Buglak

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0009-0005-3847-7618>

Corresponding author: D. V. Buglak (glen1892@yandex.ru).

Abstract. *Amid the accelerated digital transformation of the Sverdlovsk Region's economy, the IT sector is a key factor in regional development. The implementation of national digitalization projects, the growing number of IT companies, and the expansion of digital services are creating a steady demand for qualified personnel. At the same time, the regional labor market is markedly asymmetrical: the demand for highly qualified IT specialists with higher education significantly exceeds supply, while graduates of secondary vocational education institutions face oversupply and low demand. The problem lies not in the lack of demand for IT specialists (programmers, database administrators, information systems specialists, etc.), but in the lack of demand for technical school graduates in these specialties at the level of their training. The study confirmed the hypothesis that, despite the high overall demand for IT specialists in the Sverdlovsk Region, the demand for graduates with a secondary vocational degree in 09.00.00 «Information Science and Computer Engineering» is significantly lower than the supply. This is due to employers' preference for higher education and more in-depth professional training (highly qualified specialists). Suggestions for further mitigation of the identified imbalance were also formulated.*

Keywords: imbalance, labor market, IT sector, secondary vocational education, Sverdlovsk Region

Введение

В условиях ускоренной цифровой трансформации экономики Свердловской области IT-сектор выступает одним из ключевых факторов регионального развития. Реализация национальных проектов в сфере цифровизации, рост числа IT-компаний и расширение спектра цифровых услуг формируют устойчивый запрос на квалифицированные кадры. Увеличение бюджетных мест на IT-специальности связано с реализацией национальной программы «Цифровая экономика» и затрагивает такие направления, как математика и механика; компьютерные и информационные науки; информатика и вычислительная техника; информационная безопасность; электроника, радиотехника и системы связи (Волкодаева и др., 2021). На федеральном уровне прогнозируются структурные изменения на рынке труда: рост до 2 млн специалистов в IT-отрасли (Скворцова, Неумывакин, 2021).

При этом на региональном рынке труда наблюдается выраженная асимметрия: спрос на высококвалифицированных IT-специалистов с высшим образованием существенно превышает предложение, тогда как выпускники учреждений среднего профессионального образования (далее — СПО) по укрупнённой группе профессий и специальностей (далее — УГПС) 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника» (далее — 09.00.00 УГПС) сталкиваются с избыточным предложением и низкой востребованностью.

Обзор литературы

Вопросы синхронизации спроса и предложения специалистов, снижения дисбалансов и прогнозирование востребованности кадров на рынке труда различной локализации формируют актуальную тематику в научной литературе.

Так, многие отечественные исследователи изучают рынок труда как в глобальном виде, так и в региональных разрезах. В частности, Н.Н. Свиначев и М.В. Симонова определили структуру спроса и предложения на рынках труда регионов Среднего Поволжья и обосновали необходимость опережающей подготовки инженерно-технических специалистов, обладающих базовыми цифровыми навыками (Свиначев, Симонова, 2023). В статье Э.Р. Мамлеевой, Н.В. Трофимовой и М.Ю. Сазыкиной (2022) проанализированы основные показатели, характеризующие эффективность функционирования региональных рынков труда. Выявлено, что между регионами Российской Федерации существует значительная дифференциация по ключевым показателям рынка труда. Явно выделяются субъекты РФ, где рынок труда функционирует эффективно. Применительно к Свердловской области И.А. Антипин (2023) приходит к выводу, что особенности состояния и динамики численности безработных и уровня безработицы показывают ее максимально низкие значения, что с учетом демографических тенденций в регионе усиливает риски дефицита кадров, особенно в некоторых отраслях и видах деятельности. В схожем русле высказываются исследователи Р.А. Долженко и С.Б. Долженко (2025), отмечая, что региональный рынок труда находится в уникальной ситуации: для него характерен явный дефицит кадров и низкий уровень прироста высокоэффективных рабочих мест, насыщенность территории образовательными организациями, но высокий уровень миграции молодежи в другие регионы после завершения обучения и низкий уровень трудоустройства по специальности.

Не менее широко в научной литературе рассматриваются различные аспекты рынка труда для специалистов со средним профессиональным образованием. Так, Л.Ю. Бедарева, Т.Н. Блинова, Е.В. Ломтева и А.В. Федотов (2023) в своей работе утверждают, что синхронизация усилий системы СПО, представителей работодателей и органов власти уже доказала свою эффективность, однако их дальнейшее взаимодействие может быть затруднено из-за возникшего дисбаланса на рынке труда, одной из основных причин которого является отсутствие четкого представления о реальных потребностях в специалистах среднего звена. Изучая особенности целевой управленческой фокусировки деятельности региональных систем СПО на потребности социально-экономического развития субъекта РФ, С.Ю. Алашеев, Т.Г. Кутейницына, Н.Ю. Посталюк и В.А. Прудникова (2021) приходят к выводу, что значимой характеристикой организации образовательных ресурсов системы СПО является ее ориентация на потребности социально-экономического развития региона.

Отдельно интересны работы, посвященные рынку труда с отраслевой спецификой, в частности сферы информационных технологий (IT-сферы). Так, исследование А.В. Волкодаевой, А.В. Балановской и А.В. Чулкова (2021) говорит о том, что современные тенденции на рынке труда среди специалистов информационных технологий имеют положительную динамику с учетом востребованности и государственной поддержки в области подготовки специалистов для новых цифровых условий функционирования предприятий. Также Р.И. Нуретдинов (2021) утверждает, что явно виден продолжающийся долгосрочный тренд — рост востребованности и популярности образовательных программ в области информационных технологий, но только при тесной коллаборации образовательных организаций с потенциальными работодателями будущих выпускников. А.Н. Дегтярев и А.Р. Кузнецова (2024) в исследовании тенденций развития рынка труда и изменение структуры занятости в странах Евразийского экономического союза приходят к выводу, что в Российской Федерации прирост численности занятого населения за период с 2018 по 2022 гг. в сфере информации и связи составляет 3,8 % (47,7 тыс. чел.). Однако те же Л.Ю. Бедарева и ее коллеги установили УГПС, по которым объемы подготовки ССЗ превышают потребности региональных экономик, так, в частности явное несоответствие объемов подготовки ССЗ по группам специальностей информационно-коммуникационного, связного, медицинского и фармацевтического профилей долям соответствующих отраслей

в экономике регионов, предусмотренных документами стратегического развития субъектов Федерации (Бедарева и др., 2023).

В целом можно сделать вывод, что в научной литературе активно исследуются вопросы региональных рынков труда, складывающихся дисбалансов на рынке труда в отраслевом разрезе, а также с учетом разного уровня образования, однако в основном исследование сосредоточены на явных вопросах дефицита кадров в отдельных областях экономики, не достаточно раскрывая факту подготовки излишних специалистов по некоторым, в т. ч. популярным направлениям, таким как ИТ-сфера в региональном разрезе.

Материалы и методы

Объект исследования — региональный рынок труда Свердловской области в ИТ-сфере.

Предметом исследования выступают дисбалансы на рынке труда выпускников СПО 2024 г. Свердловской области по УПС 09.00.00, обусловленные расхождением между объёмом подготовки и реальным спросом на специалистов среднего звена.

Гипотеза исследования: несмотря на высокий общий спрос на ИТ-специалистов в Свердловской области, востребованность выпускников СПО по УПС 09.00.00 существенно ниже предложения, что обусловлено приоритетом работодателей к кадрам с высшим образованием и более глубокой профессиональной подготовкой.

Для проверки гипотезы исследования поставлены следующие задачи:

1) проанализировать среднесрочный прогноз потребности в ИТ-специалистах для организаций Свердловской области по УПС 09.00.00;

2) исследовать динамику численности студентов СПО Свердловской области по УПС 09.00.00 за последние 5 лет;

3) оценить показатели трудоустройства выпускников СПО 2024 г. по УПС 09.00.00 в Свердловской области;

4) выявить динамику неудовлетворённого спроса и избыточного предложения рабочей силы в ИТ-сфере региона;

5) провести сравнительный анализ вакансий на платформах HeadHunter и «Работа России» для ИТ-специалистов разного уровня квалификации.

Методологическая база включает в себя: оценку динамики, сравнительный анализ, расчет относительных, средних величин, системный, экспертный анализ, статистический анализ данных

органов региональной исполнительной власти, контент-анализ вакансий на HeadHunter и «Работа России».

Информационную базу исследования составили: среднесрочные прогнозы потребности в подготовке специалистов для организаций, расположенных на территории Свердловской области; сводные отчеты по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования»; мониторинг занятости выпускников ФГБОУ ДПО «Институт развития профессионального образования»; аналитические отчеты Департамента по труду и занятости населения Свердловской области; данные рекрутинговых платформ HeadHunter и «Работа России».

Практическая значимость работы заключается в возможности использования её результатов:

— для корректировки объемов приёма в учреждения СПО по УГПС 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника» с учётом реального спроса;

— разработки региональных программ содействия трудоустройству выпускников СПО в IT-сфере.

Результаты

Укрупненная группа профессий, специальностей 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника» является самой многочисленной по количеству обучающихся в России¹, насчитывая 361756 чел., что составляет 9,4 % от всех студентов, обучающихся по программам среднего профессионального образования (далее — СПО) в стране. Данная УГПС включает в себя 14 образовательных программ, самой многочисленной из них является 09.02.07 «Информационные системы и программирование» — 261619 обучающихся на 01.10.2024 г. (72,3 % от всей УГПС). В рамках данной образовательной программы при прохождении обучения, согласно федеральному государственному образовательному стандарту (далее — ФГОС) по данной

¹ Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2024/25 учебного года. Министерство просвещения Российской Федерации [Электронный ресурс]. <https://docs.edu.gov.ru/document/2488e3f241e60f3324d5d170f732deb3/> (дата обращения: 07.11.2025).

образовательной программе¹, могут присваиваться следующие квалификации: «Администратор баз данных»; «Специалист по тестированию в области Информационных технологий»; «Программист»; «Технический писатель»; «Специалист по информационным системам»; «Специалист по информационным ресурсам»; «Разработчик веб и мультимедийных приложений», соответствующие популярным и востребованным профессиям ИТ-сферы.

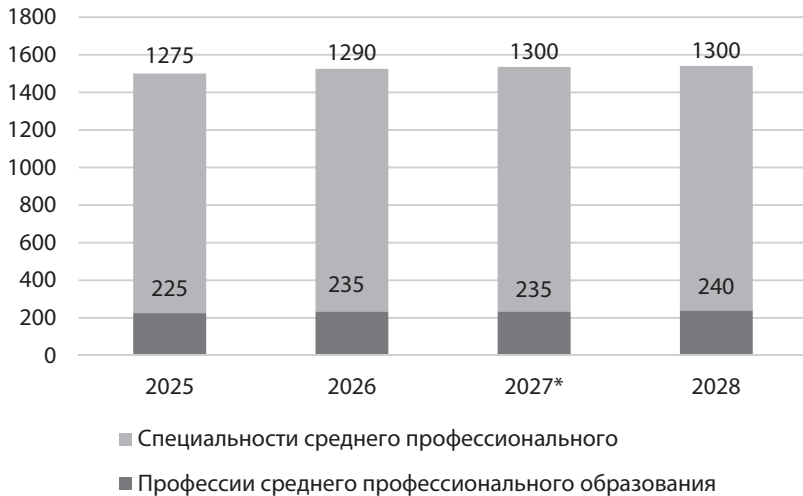
В Свердловской области УГПС 09.00.00 занимает 5-е место по многочисленности студентов (9803 чел., или 7,7 % от всех студентов региона), включает в себя 8 образовательных программ, самой многочисленной из них также является 09.02.07 «Информационные системы и программирование» – 7323 обучающихся на 01.10.2024 г., или 74,7 % от всей УГПС.

Данная специальность с 2021 г. входит в перечни наиболее востребованных на рынке труда Свердловской области, новых и перспективных профессий, требующих среднего профессионального образования (далее – ТОП-Регион), в список наиболее востребованных на рынке труда, новых и перспективных профессий, требующих среднего профессионального образования (далее – ТОП-РФ) и в проект перечня специальностей и профессий СПО, обеспечивающих формирование кадрового потенциала технологического независимости (суверенитета) и технологического лидерства Российской Федерации. Данное декларирование востребованности специалистов, относящихся к данной УГПС в регионе, отражается в прогнозировании потребности на рынке труда.

Так, по данным среднесрочных прогнозов потребности в подготовке специалистов для организаций, расположенных на территории Свердловской области, по укрупненным группам профессий, специальностей на 2025–2028 гг., предоставляемых Министерством экономики и территориального развития Свердловской области, потребность в подготовке специалистов УГПС 09.00.00 остается примерно на одном и том же уровне (рис. 1).

Данная динамика говорит о линейной замещающей потребности в экономике региона по данному направлению на протяжении 4 прогнозируемых лет, с учетом миграции, демографических колебаний и изменений производительности труда.

¹ Приказ Минобрнауки России от 09.12.2016 N 1547 (ред. от 17.12.2020) [Электронный ресурс]. <https://fgos.ru/fgos/fgos-09-02-07-informacionnyye-sistemy-i-programmirovaniye-1547/> (дата обращения: 07.11.2025).



Примечание: * — прогнозные значения по 2027 г. отличались в прогнозах 2024 и 2025 гг., в исследовании используется значение более свежее значение 2025 г.

Рис. 1. Среднесрочный прогноз потребности в подготовке специалистов для организаций, расположенных на территории Свердловской области, по УГПС 09.00.00, чел. (источник: сост. автором по: Среднесрочный прогноз потребности в подготовке специалистов для организаций, расположенных на территории Свердловской области, по укрупненным группам профессий, специальностей на 2025–2027 годы, Среднесрочный прогноз потребности в подготовке специалистов для организаций, расположенных на территории Свердловской области, по укрупненным группам профессий, специальностей на 2026–2028 годы. Министерство экономики и территориального развития Свердловской области [Электронный ресурс]. https://economy.midural.ru/upload/uf/a7b/lnbq8lu6b5un00s0y85vcdsdsefnhp17b/Srednesrochnyy_prognoz_potrebnosti_SPO_2026_2028_gody-_1_.pdf (дата обращения: 07.11.2025))

Для формирования целостной картины предложения специалистов среднего звена IT-сферы на рынок труда региона необходимо проанализировать динамику численности студентов данного направления в Свердловской области. Общая численность студентов УГПС 09.00.00 в Свердловской области в период с 2021 по 2024 гг. увеличилась более чем на 12,5 % (рис. 2). Следует отметить, что большая часть обучается за счет бюджетных средств (порядка 59 %), в то же время более стремительный рост, относительно 2021 г., показывает численность студентов, обучающихся на платной основе (рост составил 31,4 %), рост численности студентов, обучающихся за счет бюджетных средств составил лишь 2,3 %. Данные значения говорят о росте популярности данной УГПС, в первую

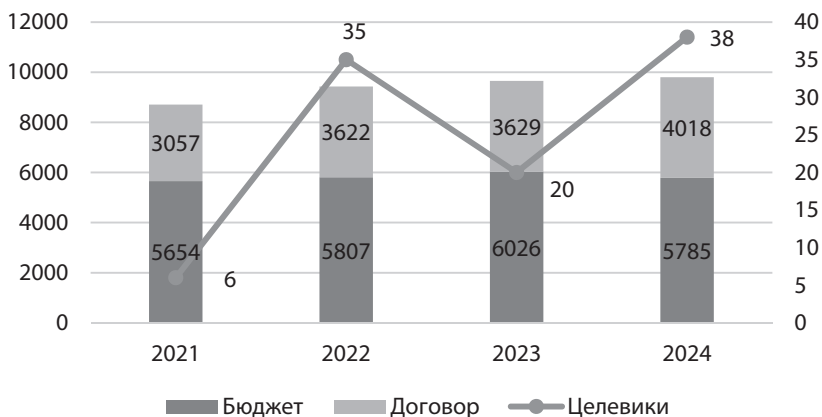


Рис. 2. Динамика численности студентов СПО Свердловской области, по УППС 09.00.00, чел. (источник: сост. автором по: Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2024/25 учебного года; Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2023/24 учебного года; Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2022/23 учебного года; Сводный отчет по форме федерального статистического наблюдения № СПО-1 «Сведения об образовательной организации, осуществляющей образовательную деятельность по образовательным программам среднего профессионального образования» на начало 2021/22 учебного года. Министерство просвещения Российской Федерации [Электронный ресурс]. <https://docs.edu.gov.ru/document/2488e3f241e60f3324d5d170f732deb3/> (дата обращения: 07.11.2025))

очередь в рамках специальности 09.02.07 «Информационные системы и программирование», у абитуриентов.

Как видно из рисунка 2, динамика заключения договоров о целевом обучении скачкообразная, относительные значения студентов с целевыми договорами от общего числа студентов составляют менее 0,5 %, что говорит о слабой заинтересованности работодателя инвестировать в студентов данного направления.

Результативность подготовки специалистов и их востребованность на рынке труда хорошо отражают показатели трудоустройства выпускников, особенно показатели трудоустройства по полученной специальности (рис. 3).

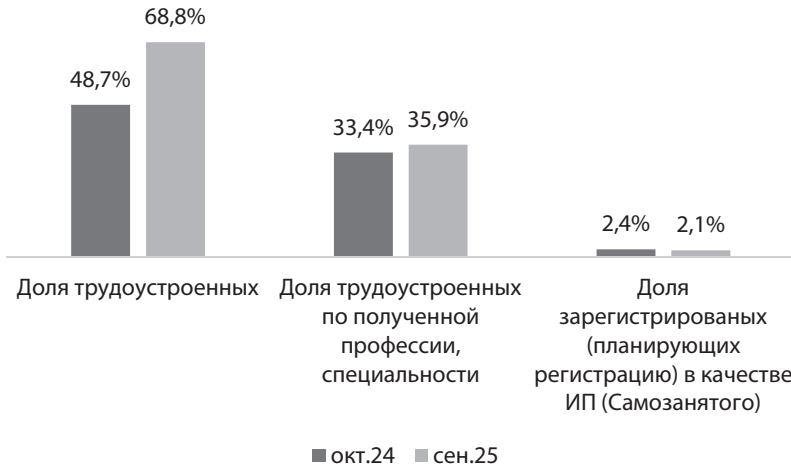


Рис. 3. Динамика трудоустройства выпускников СПО 2024 г. по УГПС 09.00.00 в Свердловской области, % (источник: сост. автором по: «Занятость выпускников 2024 г. (октябрь 2024)»; форма «Занятость выпускников 2024 г. (сентябрь 2025)»; ФГБОУ ДПО «Институт развития профессионального образования» [Электронный ресурс]. <https://data.firpo.ru/> (дата обращения: 07.11.2025))

Так, доля трудоустроенных выпускников 2024 г. по УГПС 09.00.00 составила 48,7 % практически сразу после выпуска (данные за октябрь 2024 г.), через год после окончания обучения (данные за сентябрь 2025 г.) этот показатель увеличился до 68,8 %, однако показатели трудоустройства по полученной специальности менее оптимистичны, 33,4 % и 35,9 % соответственно. Эти значения говорят, что только порядка 35 % выпускников СПО 2024 г. по УГПС 09.00.00 востребованы на рынке труда региона.

Проблема заключается не в отсутствии спроса на специалистов сферы информационных технологий (программистов, администраторов баз данных, специалистов по информационным системам и т. д.), а в отсутствии спроса на выпускников техникумов этих специальностей в том объеме, в котором осуществляется их подготовка. Данный факт подтверждает динамика неудовлетворенного спроса и избыточного предложения рабочей силы в профессиональном разрезе (рис. 4).

Так, по профессиям «Программист» (258573) и «Инженер-программист» (228243) в регионе в период с 2019 по 2025 гг. ярко выражен дефицит данных специалистов. Важно отметить, что данные профессии в основном относятся к профессиям, требующим выс-



Рис. 4. Динамика неудовлетворенного спроса (+) и избыточного предложения (-) рабочей силы в профессиональном разрезе, чел. (источник: сост. автором по: Анализ профессиональной структуры безработицы в Свердловской области за январь-декабрь 2019 г.; Анализ профессиональной структуры безработицы в Свердловской области за январь-декабрь 2020 г.; Анализ профессиональной структуры безработицы в Свердловской области за январь-декабрь 2021 г.; Анализ профессиональной структуры безработицы в Свердловской области за январь-декабрь 2022 г.; Анализ профессиональной структуры безработицы в Свердловской области за январь-декабрь 2023 г.; Анализ профессиональной структуры безработицы в Свердловской области за январь-декабрь 2024 г. Департамент по труду и занятости населения Свердловской области [Электронный ресурс]. https://www.sznural.ru/content/информирование_о_положении_на_рынке_труда_в_свердловской_области (дата обращения: 07.11.2025))

шего профессионального образования¹. В то же время по профессии «Техник-программист» (270999), требующей среднего профессионального образования², в наблюдаемом периоде фиксируется преимущественно избыток специалистов.

¹ Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих [Электронный ресурс]. <https://classinform.ru/eksd/kvalifikatsionnye-harakteristiki-dolzhnostei-rabotnikov/obshcheotraslevye-zaniatykh-na-predpriiatiakh-v-uchrezhdeniiakh-i-organizatsiiakh/dolzhnosti-spetcialistov/inzhener-programmist-programmist-obj120.html> (дата обращения: 07.11.2025).

² Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих [Электронный ресурс]. <https://classinform.ru/eksd/kvalifikatsionnye-harakteristiki-dolzhnostei-rabotnikov/obshcheotraslevye-zaniatykh-na-predpriiatiakh-v-uchrezhdeniiakh-i-organizatsiiakh/dolzhnosti-spetcialistov/tekhnik-programmist-obj156.html> (дата обращения: 07.11.2025).

Для понимания реальной востребованности специалистов IT-сферы со средним профессиональным образованием в Свердловской области в моменте воспользуемся контент-анализом вакансий IT-специальностей на ключевых рекрутинговых платформах: HeadHunter (наиболее популярная рекрутинговая платформа в России) и «Работа России» (официальная рекрутинговая платформа России). Параметры анализа будут включать в себя общее количество вакансий по профессиям, соответствующим квалификации по специальности 09.02.07 «Информационные системы и программирование», и число вакансий с требованием среднего специального образования и без предъявления требований к опыту, что соответствует характеристикам выпускника СПО (табл.).

Как видно из результатов контент-анализа, 1,5 % и 9,4 % соответственно, что потребность в выпускниках СПО по данному направлению в сравнении с общей потребностью практически отсутствует.

В целом по итогу исследования можно заключить, что действительно, несмотря на высокий общий спрос на IT-специалистов в Свердловской области, востребованность выпускников СПО по УПС 09.00.00 существенно ниже предложения, что обусловлено приоритетом работодателей к кадрам с высшим образованием

Таблица

Контент-анализ вакансий IT специальностей

| Наименование профессии | HeadHunter | | Работа России | |
|--|------------|---------------|---------------|---------------|
| | Всего | СПО без опыта | Всего | СПО без опыта |
| Администратор баз данных | 18 | 0 | 38 | 0 |
| Специалист по тестированию в области Информационных технологий | 28 | 1 | 1 | 0 |
| Программист | 1095 | 8 | 161 | 15 |
| Технический писатель | 15 | 0 | 2 | 0 |
| Специалист по информационным системам | 336 | 15 | 0 | 0 |
| Специалист по информационным ресурсам | 153 | 1 | 7 | 1 |
| Разработчик веб и мультимедийных приложений | 0 | 0 | 0 | 0 |

Источник: Рекрутинговая платформа HeadHunter [Электронный ресурс]. <https://ekaterinburg.hh.ru/> (дата обращения: 07.11.2025); Государственный Портал «Работа России» [Электронный ресурс]. <https://trudvsem.ru/> (дата обращения: 07.11.2025).

и более глубокой профессиональной подготовкой (высококвалифицированным специалистам).

Обсуждение

Вопросы снижения дисбалансов спроса и предложения рабочей силы на рынке труда, в частности в синхронизации востребованности и подготовки специалистов среднего звена, в условиях демографического старения населения и усугубляющегося дефицита людских ресурсов представляют собой вопросы стратегической безопасности страны и реализации технологического суверенитета и должны в решениях иметь системный подход.

Так, как видно из результатов исследования, среднесрочный прогноз потребности в подготовке специалистов для организаций, расположенных на территории Свердловской области, по УПС 09.00.00 имеет линейную динамику, что говорит якобы о одинаковой ежегодной замещающей потребности в данных специалистах в регионе, что более похоже на закрытие некой «квоты», а не на прогнозирование реальной потребности. Следует уделить больше внимания точности и глубине проработки дальнейших прогнозов.

Следующим важным аспектом сформированного излишнего предложения является чрезмерная популярность данной УПС 09.00.00, в частности специальности 09.02.07 «Информационные системы и программирование». Данная специальность готовит и на бюджетной, и на платной основе специалистов, большая часть которых не трудоустраивается по специальности по ряду причин, в т. ч. из-за более низкого спроса на таких специалистов у работодателя. Следствием этого другие важные и востребованные в экономике УПС, такие как 15.00.00 «Машиностроение», лишаются контингента, путем перетекания его в УПС 09.00.00 еще на стадии поступления в СПО, особенно на платной основе. Решением может стать более точный и детальный учет вероятного числа абитуриентов-платников при формировании контрольных цифр приема в СПО региона, а также применение механизмов ограничения числа платных мест по специальностям в СПО, не отражающим потребности экономики региона.

Развивая предложенные решения, первым и наиболее главным является подготовка специалистов данной УПС в рамках Федерального проекта «Профессионалитет»¹ с созданием образователь-

¹ Федеральный проект «Профессионалитет» [Электронный ресурс]. https://edu.gov.ru/activity/main_activities/additional_vocational_education/ (дата обращения: 07.11.2025).

но-производственного центра (кластера) с участием конкретных работодателей, под заказ которых будет формироваться прием, обучение, выпуск и трудоустройство будущих специалистов.

Заключение

В итоге исследования дисбалансов на региональном рынке труда в IT-сфере среди выпускников СПО на примере Свердловской области была подтверждена гипотеза, что, несмотря на высокий общий спрос на IT-специалистов в Свердловской области, востребованность выпускников СПО по УГПС 09.00.00 существенно ниже предложения, что обусловлено приоритетом работодателей к кадрам с высшим образованием и более глубокой профессиональной подготовкой (высококвалифицированным специалистам). Также были сформулированы предложения по снижению выявленного дисбаланса в дальнейшем.

Список источников

Алашеев, С. Ю., Кутейницына, Т. Г., Посталюк, Н. Ю., Прудникова, В. А. (2021). Управленческая фокусировка региональной системы профессионального образования на потребности социально-экономического развития. *Образование и наука*, 23(10), 44–77. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2021-10-44-77>

Антипин, И. А., Шишкина, Е. А. (2023). Кадровая безопасность старопромышленного региона: оценки, динамика, риски. *Технико-технологические проблемы сервиса*, 4(66), 111–117.

Бедарева, Л. Ю., Блинова, Т. Н., Ломтева, Е. В., Федотов, А. В. (2023). Кадры технологического суверенитета и задачи трансформации системы СПО: опыт комплексного анализа. *Профессиональное образование и рынок труда*, 11(3(54)), 6–25. <https://doi.org/10.52944/PORT.2023.54.3.001>

Волкодаева, А. В., Балановская, А. В., Чулков, А. В. (2021). Тенденции востребованности специалистов сферы информационных технологий на рынке труда в России. *Наука Красноярья*, 10(3), 174–187. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2021-10-3-174-187>

Дегтярев, А. Н., Кузнецова, А. Р. (2024). Тенденции развития рынка труда и изменение структуры занятости в странах Евразийского экономического союза. *Уфимский гуманитарный научный форум*, 2(18), 12–44. <https://doi.org/10.47309/2713-2358-2024-2-12-44>

Долженко, Р. А., Долженко, С. Б. (2025). Рынок труда Свердловской области в условиях кадрового дефицита. *Вестник Омского университета. Серия: Экономика*, 23(3), 103–115. [https://doi.org/10.24147/1812-3988.2025.23\(3\).103-115](https://doi.org/10.24147/1812-3988.2025.23(3).103-115)

Мамлеева, Э. Р., Трофимова, Н. В., Сазыкина, М. Ю. (2022). Анализ региональных рынков труда. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*, (2), 206–224. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2022.2.14>

Нуретдинов, Р. И. (2021). Востребованность компетенций молодых специалистов среднего уровня профессионального образования в области информационных технологий рынком труда. *Общество: социология, психология, педагогика*, 5(85), 169–172. <https://doi.org/10.24158/spp.2021.5.30>

Скворцова, М. А., Неумывакин, В. С. (2021). Формирование образовательно-производственных кластеров в системе среднего профессионального образования как инструмент реализации региональной экономической политики. *Journal of Economic Regulation*, 12(3), 86–104. <https://doi.org/10.17835/2078-5429.2021.12.3.086-104>

Свинарев, Н. Н., Симонова, М. В. (2023). Региональная специфика трудового потенциала на специализированном рынке труда. *Human Progress*, 9(2), 11. <https://doi.org/10.34709/IM.192.11>

References

Alasheev, S. Yu., Kuteynitsyna, T. G., Postalyuk, N. Yu., Prudnikova, V. A. (2021). Managerial Focus of the Regional System of Vocational Education on the Needs of Socioeconomic Development. *Education and Science*, 23(10), 44–77. <https://doi.org/10.17853/1994-5639-2021-10-44-77> (In Russ.)

Antipin, I. A., Shishkina, E. A. (2023). Personnel Security in an Old Industrial Region: Assessments, Dynamics, and Risks. *Technical and Technological Problems of Service*, 4(66), 111–117 (In Russ.)

Bedareva, L. Yu., Blinova, T. N., Lomteva, E. V., Fedotov, A. V. (2023). Technological Sovereignty Personnel and the Tasks of Transforming the Secondary Vocational Education System: A Comprehensive Analysis. *Vocational Education and the Labor Market*, 11(3(54)), 6–25. <https://doi.org/10.52944/PORT.2023.54.3.001> (In Russ.)

Volkodayeva, A. V., Balanovskaya, A. V., Chulkov, A. V. (2021). Trends in Demand for Information Technology Specialists in the Russian Labor Market. *Nauka Krasnoyarsk*, 10(3), 174–187. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2021-10-3-174-187> (In Russ.)

Degtyarev, A. N., Kuznetsova, A. R. (2024). Labor Market Development Trends and Changing Employment Structure in the Countries of the Eurasian Economic Union. *Ufa Humanitarian Scientific Forum*, 2(18), 12–44. <https://doi.org/10.47309/2713-2358-2024-2-12-44> (In Russ.)

Dolzhenko, R. A., Dolzhenko, S. B. (2025). The Labor Market of the Sverdlovsk Region under Conditions of Personnel Shortage. *Bulletin of Omsk University. Series: Economics*, 23(3), 103–115. [https://doi.org/10.24147/1812-3988.2025.23\(3\).103-115](https://doi.org/10.24147/1812-3988.2025.23(3).103-115) (In Russ.)

Mamleeva, E. R., Trofimova, N. V., Sazykina, M. Yu. (2022). Analysis of Regional Labor Markets. Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. *Social and Economic Sciences*, (2), 206–224. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2022.2.14> (In Russ.)

Nuretdinov, R. I. (2021). Demand for the competencies of young specialists with mid-level vocational education in the field of information technology by the labor market. *Society: Sociology, Psychology, Pedagogy*, 5 (85), 169–172. <https://doi.org/10.24158/spp.2021.5.30> (In Russ.)

Skvortsova, M. A., Neumyvakin, V. S. (2021). Formation of educational and industrial clusters in the system of secondary vocational education as a tool for implementing regional economic policy. *Journal of Economic Regulation*, 12 (3), 86–104. <https://doi.org/10.17835/2078-5429.2021.12.3.086-104> (In Russ.)

Svinarev, N. N., Simonova, M. V. (2023). Regional Specifics of Labor Potential in a Specialized Labor Market. *Human Progress*, 9 (2), 11. <https://doi.org/10.34709/IM.192.11> (In Russ.)

Сведения об авторе

Буглак Дмитрий Викторович — аспирант, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0009-0005-3847-7618> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: glen1892@yandex.ru).

Dmitry V Buglak — postgraduate student, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0009-0005-3847-7618> (Russian Federation, 620014, Yekaterinburg, Moskovskaya St., 29; e-mail: glen1892@yandex.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that no generative Artificial Intelligence (AI) tools were used in writing this article.

УДК 004.8(9)

JEL classification: O33, C45, L86, D83

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-6>

Гибридная автоматизация бизнес-процессов на основе алгоритмических механизмов, искусственного интеллекта и темпорального RAG: повышение стабильности и снижение вероятности ошибок¹

И. В. Веденяпин^а, А. А. Сайфулин^б

^{а, б} ООО «НЕЙРОМУС» (г. Екатеринбург, Россия).

Автор для корреспонденции: И. В. Веденяпин (igor@stemper.pro).

Аннотация. *Статья посвящена гибриднему подходу к автоматизации бизнес-процессов, сочетающему детерминированные алгоритмы, специализированные нейросетевые модели и темпоральный Retrieval-Augmented Generation (RAG). Разработана методология атомарной декомпозиции процессов с формальными критериями выбора механизма обработки и математическая модель оценки вероятности ошибок. Предложена концепция темпорального RAG с взвешиванием источников по временной релевантности. Экспериментальная валидация на задаче анализа крупных договоров показала снижение критичных ошибок на 79 % (с 11,7 % до 2,4 %) и повышение стабильности вывода в 4,4 раза относительно LLM-first подхода. Результаты применимы к автоматизации договорного документооборота, комплаенс-проверок, регуляторной отчётности и верификации технической документации. Ограничения связаны со сложностью разработки и необходимостью актуализации баз знаний.*

Ключевые слова: гибридная автоматизация, искусственный интеллект, темпоральный RAG, бизнес-процессы, анализ договоров

¹ © Веденяпин И. В., Сайфулин А. А. Текст. 2026.

Hybrid automation of business processes based on algorithmic mechanisms, artificial intelligence, and temporal RAG: improving stability and reducing the likelihood of errors

I. V. Vedenyapin ^a, A. A. Saifullin ^b

^{a, b} LLC "Neuromus" (Yekaterinburg, Russia).

Corresponding author: I. V. Vedenyapin (igor@stemper.pro).

Abstract. *The article is devoted to a hybrid approach to business process automation that combines deterministic algorithms, specialized neural network models, and temporal Retrieval-Augmented Generation (RAG). A methodology for atomic decomposition of processes with formal criteria for selecting a processing mechanism and a mathematical model for estimating the probability of errors has been developed. A concept of temporal RAG with weighting of sources by temporal relevance is proposed. Experimental validation on the task of analyzing large contracts showed a 79 % reduction in critical errors (from 11.7 % to 2.4 %) and a 4.4-fold increase in inference stability compared to the LLM-first approach. The results are applicable to the automation of contract document flow, compliance checks, regulatory reporting, and technical documentation verification. Limitations are related to the complexity of development and the need to update knowledge bases.*

Keywords: hybrid automation, artificial intelligence, temporal RAG, business processes, contract analysis

Введение

Современные организации оперируют объёмными и сложно-структурированными документами, насыщенными нормативными требованиями. Несмотря на активное внедрение ИИ-технологий, только 23 % компаний достигают производственного уровня надёжности систем автоматизации документооборота¹. Это указывает на разрыв между потенциалом ИИ и его практической применимостью в критичных бизнес-процессах.

Алгоритмические решения обеспечивают предсказуемость и высокую воспроизводимость, но ограничены при работе с естественным языком. Нейросетевые модели, включая крупные языковые модели (LLM), обладают гибкостью, но характеризуются вероятностной природой вывода, вариативностью результатов

¹ Gartner Research. (2024). Predicts 2024: Artificial Intelligence and Document Processing.

($\sigma = 15\text{--}25\%$) и риском галлюцинаций $5\text{--}12\%$ ¹ (Ji et al., 2023). Это делает невозможным их прямое применение без дополнительных механизмов контроля.

Анализ существующих подходов показывает несколько фундаментальных ограничений. Алгоритмические методы обеспечивают высокую стабильность, но неспособны обрабатывать семантическую вариативность юридических текстов, что требует огромного числа правил и исключений. LLM-first подход даёт высокую гибкость интерпретации, но нестабилен, подвержен ошибкам и трудноверифицируем, что делает его непригодным для юридически значимых операций. Отсутствие учёта временного контекста в RAG приводит к тому, что система часто опирается на устаревшие редакции нормативных актов, вызывая ошибки до $12\text{--}18\%$ (Zhang & Li, 2023). Отсутствуют критерии распределения задач между алгоритмами и нейросетями, а также методы декомпозиции процессов на атомарные операции.

Цель исследования — разработать и формализовать гибридную архитектуру автоматизации бизнес-процессов, которая снижает вероятность ошибок и повышает стабильность вывода путём сочетания детерминированных алгоритмов, специализированных ИИ-моделей и темпорального RAG.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- 1) разработать метод атомарной декомпозиции бизнес-процессов и критерии выбора механизмов обработки;
- 2) построить математическую модель гибридной системы и формализовать влияние её компонентов на итоговую вероятность ошибки;
- 3) реализовать механизм темпорального RAG с учётом периодов действия нормативных документов;
- 4) провести сравнительный анализ алгоритмического, LLM-first и гибридного подходов по ключевым метрикам качества;
- 5) оценить эффективность предложенного подхода на задаче анализа крупных договоров и измерить экономический эффект.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- 1) разработана математическая модель гибридной архитектуры, количественно описывающая влияние предобработки, поствалидации и темпорального RAG на вероятность ошибки;
- 2) предложена методология атомарной декомпозиции процессов и критерии выбора механизмов обработки на основе формализуемо-

¹ Anthropic. (2024). Claude 3 Model Card [Электронный ресурс]. <https://www.anthropic.com/claude> (дата обращения: 15.07.2025).

сти, критичности, возможности детерминированной проверки, потребности в доменных знаниях и необходимости учёта времени;

3) введён механизм темпорального RAG с функцией временной релевантности, учитывающей период действия нормативных документов и обеспечивающей устранение ошибок, связанных с устаревшими версиями норм;

4) показано снижение вариативности вывода нейросетевых моделей более чем в четыре раза за счёт включения алгоритмических контуров контроля;

5) обосновано соответствие гибридной архитектуры двухсистемной когнитивной модели, что создаёт основу для природоподобной обработки сложных документов.

Обзор литературы

Современные подходы к автоматизации бизнес-процессов. Автоматизация документооборота активно развивается, однако производственного уровня надёжности достигают лишь 23 % компаний¹. Традиционные алгоритмические системы, сформированные на основе отечественных исследований представления знаний (Гаврилова, Хорошевский, 2000; Загоруйко, 1999; Вагин и др., 2008), обеспечивают предсказуемость и строгую формальную проверку, но демонстрируют ограниченную гибкость при работе с естественным языком. Для юридических документов, насыщенных сложными формулировками и вариативностью терминологии, такие подходы требуют избыточного числа правил и плохо масштабируются.

Системы анализа текста, основанные на структурных и онтологических моделях, обеспечивают надёжность, но требуют значительных экспертных трудозатрат и не охватывают всю семантическую сложность современных документов.

Большие языковые модели и их ограничения. Появление трансформеров и моделей GPT/BERT обеспечило существенный прогресс в обработке текста, однако LLM обладают вероятностной природой вывода и нестабильностью результатов. Наблюдаемая вариативность ($\sigma = 15\text{--}25\%$) и риск фактических ошибок $5\text{--}12\%$ ² (Ji et al., 2023) ограничивают применимость LLM-first подходов в требованиях юридической точности и воспроизводимости.

¹ Gartner Research. (2024). Predicts 2024: Artificial Intelligence and Document Processing.

² Anthropic. (2024). Claude 3 Model Card [Электронный ресурс]. <https://www.anthropic.com/claude> (дата обращения: 15.07.2025).

Retrieval-Augmented Generation и учет временной динамики знаний. Подход (RAG) комбинирует параметрические знания моделей с внешними источниками (Lewis et al., 2020), повышая точность и объяснимость выводов. Однако классический RAG не учитывает временную релевантность документов, что критично в правовой практике, где нормы действуют в ограниченные периоды. Использование устаревших версий нормативных актов способно приводить к систематическим ошибкам 12–18 % (Zhang & Li, 2023).

Теоретическая база темпоральных знаний существует (Allen, 1983), однако интеграция временной логики с нейросетевыми архитектурами, векторными базами и механизмами извлечения по-прежнему остаётся недостаточно проработанной. Это создаёт потребность в специализированных темпоральных RAG-системах, способных учитывать дату анализа и период действия документов.

Анализ литературы показывает ряд нерешённых проблем:

1) отсутствие формального математического аппарата гибридных систем. Исследования либо описывают алгоритмические подходы, либо нейросетевые, но не взаимодействие между ними, и они не дают критериев распределения задач между компонентами;

2) игнорирование временного контекста в RAG. Действующие решения опираются на актуальную версию документа, не учитывая, что для договора или события применима норма, действовавшая в прошлом;

3) нестабильность вывода LLM. Вариативность результатов при идентичных входах остаётся проблемой, однако методы стабилизации в литературе почти не описаны;

4) недостаток реалистичных испытаний. Большинство работ используют короткие тексты, не отражающие сложности многостраничных договоров и документов.

Позиционирование настоящего исследования заключается в создании формализованной гибридной архитектуры, объединяющей алгоритмические механизмы, специализированные нейросетевые модели и темпоральный RAG, обеспечивающей математически обоснованное снижение вероятности ошибок и устойчивость работы на реальных бизнес-документах.

Теоретические основы гибридного подхода

Атомарная декомпозиция бизнес-процессов. Гибридная архитектура опирается на представление бизнес-процесса как последовательности атомарных шагов — минимальных, логически завершённых операций, каждая из которых решает конкретную задачу:

извлечение реквизита, проверку условия, классификацию фрагмента текста и др.

Каждый атомарный шаг S формально представляется кортежем из пяти характеристик согласно формуле (1):

$$S = \langle F, C, D, K, T \rangle \quad (1)$$

где: F — степень формализуемости (от 0 — полностью неформализуемая задача до 1 — детерминированные операции), C — критичность ошибки (0 — некритичная, 1 — критичная), D — возможность детерминированной проверки (1 — проверка возможна алгоритмически), K — потребность в доменных знаниях (от 0 до 1), T — необходимость учёта временного контекста (1 — требуется использование нормативов, актуальных на дату события).

Эти характеристики служат критериями выбора между алгоритмическим, нейросетевым или гибридным механизмом на уровне отдельных операций.

Критерий выбора механизма обработки для атомарного шага основывается на анализе его характеристик и формализуется следующим (2):

$$\text{Механизм}(S) = \left\{ \begin{array}{l} \text{Алгоритмический} : F > 0.8 \text{ и } D = 1 \\ \text{Гибридный} : 0.3 < F \leq 0.8 \text{ и } (C > 0.7 \text{ или } K > 0.6) \\ \text{Чистый ИИ} : F \leq 0.3 \text{ и } K > 0.5 \end{array} \right\} \quad (2)$$

Алгоритмический механизм применяется при высокой формализуемости и критичности, наличии детерминированной проверки.

Это позволяет обеспечить абсолютную воспроизводимость результата. Нейросетевой механизм используется для низкоформализуемых и задач с высокой потребностью в доменных семантических интерпретациях и сложных формулировках. Гибридный (комбинированный) механизм применяется при средних значениях F и C , либо когда алгоритмы могут структурировать задачу, а модель интерпретировать смысловые фрагменты. Использование темпорального RAG необходимо при привязке задачи к действующим нормам и периодам их актуальности.

Природоподобная когнитивная архитектура. Гибридная система опирается на двухсистемную когнитивную модель (Kahneman, 2011), где нейросетевые модели соответствуют быстрой эвристической системе, способной быстро интерпретировать сложные текстовые формулировки и выявлять скрытые зависимости, а алгоритмические контуры выполняют функции медленной аналитической

системы, обеспечивая формальную проверку, логическую согласованность и верифицируемость результата.

Трансформерные архитектуры (Vaswani et al., 2017) обеспечивают высокую способность к выявлению долгосрочных зависимостей, а модели типа GPT и BERT (Devlin et al., 2019; Brown et al., 2020) — глубокую интерпретацию текста. Однако эти модели обладают вероятностной природой вывода, что требует обязательного алгоритмического контроля.

Таким образом, гибридная архитектура сочетает преимущества обоих подходов — гибкость понимания естественного языка и детерминированную проверку по правилам, что обеспечивает стабильность выводов.

Архитектура гибридной системы

Общая схема гибридной обработки. Гибридная архитектура представляет собой трёхслойную систему, объединяющую алгоритмическую предобработку, интеллектуальный слой специализированных нейросетевых моделей и детерминированную поствалидацию. Все этапы функционируют в постоянной связи с базой доменных знаний и механизмом темпорального RAG, обеспечивающим получение нормативных данных, актуальных на дату анализируемого документа.

На первом слое выполняется очистка и нормализация данных, сегментация документа, выделение структурных элементов и устранение шумов. Второй слой включает ансамбль нейросетевых моделей, каждая из которых решает отдельный класс задач: извлечение сущностей, интерпретация условий, классификация рисков, анализ семантических связей. Третий слой реализует алгоритмическую постобработку: верификацию формальной корректности, проверку бизнес-правил и соответствия регуляторным требованиям, а также анализ семантической согласованности структуры документа. Такое разделение функциональности обеспечивает контролируемое сочетание вероятностного вывода нейросетевых моделей с детерминированными проверками, что значительно повышает объяснимость и надёжность результатов.

Алгоритмический этап предобработки. Алгоритмическая предобработка служит основой для последующего применения моделей искусственного интеллекта. На данном этапе выполняются: нормализация текстовых данных и устранение артефактов оцифровки, структурный анализ документа (разделы, подпункты, приложения), выделение реквизитов и таблиц, проверка корректности формата дат, сумм, реквизитов.

Предобработка снижает вариативность исходного текста и обеспечивает унифицированное представление документа для последующих стадий анализа. Этот этап критически важен, поскольку уменьшает долю операций, требующих вероятностного вывода, и тем самым снижает итоговую вероятность ошибки системы.

Интеллектуальный слой специализированных моделей. Интеллектуальный слой включает специализированные нейросетевые модели, ориентированные на решение различных задач анализа естественного языка, такие как: извлечение сущностей и ключевых условий договора, интерпретация формулировок и классификация условий, выявление имплицитных рисков и анализ перекрёстных ссылок и связности документа.

Использование ансамбля моделей позволяет разделить задачи по уровню формализуемости и сложности семантических конструкций. Для задач, требующих доменных знаний, интеллектуальный слой обращается к базе знаний через темпоральный RAG, что обеспечивает применение нормативных актов, действовавших в соответствующий период. Это устраняет ошибки, возникающие при использовании устаревших или ещё не вступивших в силу норм.

Алгоритмический этап поствалидации. Поствалидация является ключевым компонентом архитектуры и обеспечивает детерминированный контроль результата. Валидация включает в себя несколько уровней:

- 1) формальная валидация проверяет типы данных, диапазоны значений, согласованность сумм и дат;
- 2) проверка бизнес-правил анализирует обязательные элементы договора, допустимые параметры в рамках политики организации;
- 3) регуляторная валидация выявляет соответствие императивным нормам права, проверки на основе актуальных нормативных актов, извлечённых через темпоральный RAG;
- 4) семантическая согласованность проверяет отсутствие противоречий между разделами, корректность перекрёстных ссылок, соответствие содержания приложений основному тексту.

При выявлении несоответствий система классифицирует ошибки по степени критичности, что позволяет блокировать юридически значимые нарушения и автоматически корректировать некорректные погрешности.

Доменные знания и темпоральный RAG

Архитектура доменных знаний. База доменных знаний объединяет четыре компонента:

1) онтологии (OWL-DL), отражающие структуру понятий и отношений в предметной области (Guarino et al., 2009);

2) справочники и классификаторы (ОКПД2, ОКВЭД, ЕГРЮЛ), применяемые для проверки корректности реквизитов и терминологии;

3) корпоративные типовые документы, размеченные экспертами и используемые как эталоны;

4) нормативную базу, содержащую версии законодательных актов и их историю, поддерживаемую с учётом отечественных подходов к базам знаний (Гаврилова, Хорошевский, 2000).

Эта структура обеспечивает формальную основу для проверки и интерпретации документов, а также является источником информации для темпорального RAG.

Концепция темпорального RAG. Классический подход RAG комбинирует параметрические знания языковой модели с непараметрическим поиском в базе документов (Lewis et al., 2020). При получении запроса система извлекает наиболее релевантные фрагменты из базы знаний и дополняет ими контекст для языковой модели. Это позволяет модели опираться на актуальную информацию без необходимости переобучения. Однако классический RAG не учитывает, что документы имеют временную область применимости, особенно критичную для нормативных актов.

Темпоральный RAG расширяет классический механизм извлечения (Lewis et al., 2020), включая учёт периода действия документа, вычисление временной релевантности $TR(d, t)$ и приоритезация источников по юридической силе.

$TR(d, t)$ основана на идеях темпоральных интервалов Дж. Аллена (Allen, 1983) и позволяет исключать устаревшие нормы, что существенно снижает вероятность ошибок (Zhang & Li, 2023). В результате система всегда использует нормативные данные, применимые на дату события или документа (3):

$$TR(d, t) = \begin{cases} 1, \text{ если } d^0 \leq t \leq d^1 \\ e^{-\lambda|t-d^1|}, \text{ если } t > d^1 \left(\lambda = \frac{0.1}{\text{день}} \right) \\ 0, \text{ если } t < d^0 \end{cases} \quad (3)$$

Основные правила: используется только редакция, действовавшая на дату создания документа, более поздние версии исключаются из анализа, у устаревших норм релевантность снижается, что предотвращает ложные выводы.

Экспериментальные данные подтверждают, что темпоральный RAG снижает ошибки из-за устаревших данных с 10 % до 1,5 %, обеспечивая до 85 % эффективности фильтрации устаревших документов.

Математическая модель гибридной системы

Базовая вероятность ошибки нейросетевого модуля. Пусть P_{AI} — базовая вероятность ошибки изолированной нейросетевой модели. В юридических задачах она составляет 5–15 % в зависимости от формализуемости текста и сложности конструкции¹ (Ji et al., 2023). Эта величина определяет минимальный уровень неопределённости при использовании нейросетей без дополнительных механизмов контроля.

Влияние предобработки на вероятность ошибки. Алгоритмическая предобработка снижает неопределённость входных данных. Вводится коэффициент эффективности $\alpha \in [0, 1]$, показывающий долю устранённой вариативности. Вероятность ошибки после предобработки (4):

$$P_{AI} | pre = P_{AI} \cdot (1 - \alpha) \quad (4)$$

Экспериментальные исследования показывают, что качественная предобработка может сократить ошибки нейросетевых моделей на 35–45 %. Для типичного значения $\alpha = 0,40$ при базовой вероятности ошибки $P_{AI} = 0,12$ условная вероятность после предобработки составит $P_{AI} | pre = 0,12 \cdot (1 - 0,40) = 0,072$, т. е. 7,2 %.

Влияние поствалидации на итоговую вероятность ошибки. Алгоритмическая поствалидация обнаруживает долю β ошибок, допущенных нейросетевым слоем, где β принимает значения от 0 до 1. Однако сам валидатор не является идеальным и может пропустить ошибку с вероятностью γ (ложноотрицательный результат). Итоговая вероятность ошибки после валидации определяется формулой (5):

$$P_{total} = P_{AI} | pre = P_{AI} \cdot (1 - \beta \cdot (1 - \gamma)). \quad (5)$$

Алгоритмические проверки основаны на строгих условиях согласованности и регуляторных правилах (Вагин и др., 2008), поэтому значения $\beta \approx 0,85-0,95$, $\gamma \approx 0,02-0,05$ являются реалистичными для производственных систем.

При типичных значениях $\beta = 0,90$ и $\gamma = 0,03$ эффективность обнаружения составляет $\beta \cdot (1 - \gamma) = 0,90 \cdot 0,97 = 0,873$, т. е. 87,3 % оши-

¹ Anthropic. (2024). Claude 3 Model Card [Электронный ресурс]. <https://www.anthropic.com/claude> (дата обращения: 15.07.2025).

бок будут пойманы и исправлены. Для условной вероятности после предобработки $P_{AI} | pre = 0,072$ итоговая вероятность составит $P_{total} = 0,072 \cdot (1 - 0,873) = 0,0091$, т. е. около 0,91 %. В экономическом выражении это означает снижение ожидаемых потерь с 7,2 млн до 0,91 млн руб. в год.

Учёт влияния темпорального RAG. Темпоральный RAG снижает вероятность ошибок, связанных с использованием устаревших нормативных данных. Вводятся три параметра: δ — доля запросов, требующих актуальных нормативных данных; ε — вероятность ошибки при использовании неактуальных данных; τ — эффективность фильтрации устаревших документов темпоральным механизмом.

Без темпорального RAG система использует случайные версии документов из базы, что приводит к вероятности ошибки из-за временного контекста, определяемой формулой (6):

$$P_{outdated} = \delta \cdot \varepsilon. \quad (6)$$

С темпоральным RAG, обеспечивающим фильтрацию с эффективностью τ , вероятность ошибки снижается согласно формуле (7):

$$P_{temporal} = \delta \cdot \varepsilon \cdot (1 - \tau). \quad (7)$$

Практически $\tau \approx 0,8-0,9$, что снижает ошибки из-за старых норм в 5–7 раз.

Итоговая модель вероятности ошибки гибридной системы. С учётом предобработки, поствалидации и темпорального RAG итоговая вероятность ошибки имеет вид (8):

$$P_{hybrid} = P_{AI} \cdot (1 - \alpha) \cdot (1 - \beta \cdot (1 - \gamma)) + \delta \cdot \varepsilon \cdot (1 - \tau). \quad (8)$$

Эта модель отражает композицию вероятностных и детерминированных компонентов, согласуясь с идеей двухсистемной когнитивной архитектуры (Kahneman, 2011) и возможностями нейросетевых моделей (Brown et al., 2020).

Подставляя типичные значения параметров ($P_{AI} = 0,12$, $\alpha = 0,40$, $\beta = 0,90$, $\gamma = 0,03$, $\delta = 0,25$, $\varepsilon = 0,40$, $\tau = 0,85$), получаем:

$$P_{hybrid} = 0,12 \cdot (1 - 0,40) \cdot (1 - 0,90 \cdot 0,97) + 0,25 \cdot 0,40 \cdot (1 - 0,85) = 0,12 \cdot 0,60 \cdot 0,127 + 0,10 \cdot 0,15 = 0,0091 + 0,0150 = 0,0241.$$

Итоговая вероятность ошибки составляет 2,41 %, что согласуется с экспериментально наблюдаемым значением $2,4 \% \pm 0,3 \%$.

Сравнительный экономический анализ трёх архитектурных подходов демонстрирует значительные различия в ожидаемых потерях. Для чистого нейросетевого подхода вероятность ошибки составляет $P = 12,0 \%$, что соответствует годовым потерям 12 млн руб.

Использование только предобработки снижает вероятность до $P = 7,2\%$ с потерями 7,2 млн руб. Гибридная архитектура обеспечивает вероятность $P = 2,4\%$ с потерями 2,4 млн руб., т. е. снижение на 80 % относительно чистого нейросетевого подхода.

Метрика стабильности вывода. Стабильность определяется инвариантностью результата при малозначимых вариациях входа. Пусть X — исходный документ, X' — его слегка изменённая версия. Тогда (9):

$$\text{Stability}(S) = 1 - E[d(S(X), S(X'))], \quad (9)$$

где d — нормированная метрика Хэмминга.

Для гибридной системы стабильность выражается формулой (10):

$$\text{Stability}_{\text{hybrid}} = 1 - \sigma^2_{\text{output}} / \sigma^2_{\text{input}}, \quad (10)$$

где σ^2_{output} — дисперсия выходных данных при вариациях входа, а σ^2_{input} — дисперсия входных возмущений.

Дисперсия вывода σ_{output} существенно уменьшается благодаря детерминированным этапам. Сравнения показывают, что гибридный подход снижает вариативность вывода более чем в четыре раза по сравнению с чистыми LLM¹.

Экспериментальная валидация на примере анализа крупных договоров

Описание задачи и метрики качества. Экспериментальная часть направлена на оценку эффективности гибридной архитектуры при обработке многостраничных договоров объёмом 50–200 страниц, содержащих приложения, таблицы, перекрёстные ссылки и сложные юридические конструкции. Цель эксперимента — сравнить три архитектурных подхода: алгоритмический подход (правила и регулярные выражения), LLM-first (цельная обработка договора большой языковой моделью) и гибридный подход, предложенный в данном исследовании.

Качество оценивалось по группам метрик:

- точность и полнота извлечения ключевых условий;
- F1-мера классификации рисков;
- способность выявления противоречий;
- стабильность вывода (стандартное отклонение результатов при трёх повторных анализах каждого документа);

¹ Anthropic. (2024). Claude 3 Model Card [Электронный ресурс]. <https://www.anthropic.com/claude> (дата обращения: 15.07.2025).

— вероятность критичных ошибок, влияющих на юридическую корректность.

Разметка выборки (50 договоров от двух российских организаций) выполнена тремя независимыми юристами с опытом >10 лет; разногласия снимались консенсусом.

Методология атомарной декомпозиции для задачи анализа договоров. Процесс анализа договоров был декомпозирован на восемь атомарных шагов (выделение сторон, предмета, условий оплаты, сроков, обязательств, ответственности, форс-мажора и приложений). Для каждого шага определены характеристики *F, C, D, K, T* и выбран механизм обработки:

1) алгоритмический: задачи высокой формализуемости (выделение сторон, реквизитов, сумм, дат);

2) гибридный: частично формализуемые элементы (предмет договора, ответственность, форс-мажор), требующие доменных знаний;

3) нейросетевой: низкоформализуемые задачи (обязательства сторон, интерпретация условий).

Использование гибридной логики позволило минимизировать долю задач, выполняемых чистыми LLM, что существенно снизило вариативность и частоту ошибок.

Экспериментальная установка и сравниваемые архитектуры. Архитектуры были реализованы следующим образом:

— для алгоритмического подхода: правила, регулярные выражения, шаблоны, отсутствие семантического анализа, детерминированность, но низкая адаптивность;

— для LLM-first подхода: анализ всего договора большой языковой моделью, минимальная предобработка, температура 0,3 для повышения детерминированности и отсутствие строгой поствалидации;

— для гибридной архитектуры (реализована на платформе Neugomus) была проведена полная нормативная и структурная предобработка, использовался ансамбль моделей (LayoutLMv2, BERT-подобные юр. модели, трансформеры), многоуровневая поствалидация и темпоральный RAG с базой около 2500 нормативных актов.

Каждый документ анализировался трижды для оценки стабильности. Результаты эксперимента и их интерпретация представлены в таблице.

Алгоритмический подход стабилен, но неполон. LLM-first полон, но подвержен ошибкам. Гибридный подход объединяет преимущества обоих. Комбинация семантического анализа и формальных проверок оказалась наиболее эффективной. Гибридная архитектура снижает вариативность LLM-first решения более чем в 4 раза.

Таблица

Сравнение результатов эксперимента

| Показатель | Алгоритмический подход | LLM-first | Гибридный подход |
|--------------------------------|--|--|--|
| Точность / Полнота / F1 | точность 98,2 %, полнота 67,4 %, F1 = 79,8 % | точность 89,3 %, полнота 94,1 %, F1 = 91,6 % | точность 96,7 %, полнота 93,8 %, F1 = 95,2 % |
| Выявление противоречий | 42,3 % | 78,5 % | 91,4 % |
| Стабильность σ | 1,2 % | 22,4 % | 5,1 % |
| Вероятность критических ошибок | 8,2 % | 11,7 % | 2,4 % |

Источник: расчеты авторов.

Этот результат полностью согласуется с предсказаниями математической модели, описанной ранее.

Анализ типов ошибок и их последствий. Характер ошибок принципиально различается между подходами:

— LLM-first: пропуск приложений (18 % случаев) из-за ограничения контекстного окна, некорректная интерпретация дат (12 %), галлюцинации отсутствующих условий (7 %), игнорирование перекрёстных ссылок (23 %);

— гибридный подход: ошибки на нестандартных формулировках (3,2 %), пропуски вложенных конструкций (1,8 %), спорная категоризация рисков (1,4 %).

Ключевое: все ошибки гибридной системы были помечены валидатором как не критичные ($C < 0,6$).

Ни одна критичная ошибка не прошла все уровни валидации.

Обсуждение результатов

Качественные преимущества гибридного подхода. Результаты эксперимента подтверждают, что гибридная архитектура обеспечивает оптимальный баланс между гибкостью нейросетевых моделей и надёжностью алгоритмических проверок. Ключевым преимуществом является локализация неопределённости: нейросетевые методы применяются лишь к тем операциям, где требуется интерпретация естественного языка, в то время как формализуемые задачи передаются алгоритмическим компонентам.

Такой подход уменьшает область применения вероятностных механизмов почти на 60–65 %, значительно снижая вариативность вывода, описанную в работах о нестабильности LLM¹.

Дополнительным источником качества является полная трассируемость решений: для алгоритмических шагов фиксируются правила и шаблоны, нейросетевых — исходные фрагменты текста и значения уверенности, а для валидации — точные условия и типы нарушений. Это повышает объяснимость и делает систему пригодной для юридически значимых процессов.

Применимость в различных отраслях промышленности. Архитектура показала универсальность в разных доменах благодаря модульности и атомарной декомпозиции. Ниже кратко перечислены ключевые особенности адаптации:

1) строительство: поддержка проектно-сметной документации, графиков выполнения работ, технических норм;

2) промышленность: анализ спецификаций оборудования, условий поставки, штрафов и логистических требований;

3) финансовый сектор: проверка кредитных договоров, процентных ставок, графиков платежей, требований регулятора;

4) страхование: выявление условий покрытия, исключений, корректности тарифов и актуарных параметров;

5) государственный сектор: контроль соответствия контрактов требованиям 44-ФЗ и типовым условиям закупок.

В каждом случае база доменных знаний и темпоральный RAG позволяют учитывать отраслевые регламенты и специфику документов.

Ограничения предложенного подхода. Несмотря на доказанную эффективность, гибридная архитектура имеет ряд ограничений:

1) высокая сложность разработки. Необходима интеграция алгоритмических правил, нейросетевых моделей, онтологий и темпорального поиска;

2) зависимость от актуальности базы знаний. Поддержка нормативной базы и корпоративных стандартов требует регулярного обновления, особенно в динамичных отраслях;

3) трудоёмкость разметки обучающих данных. Для специализированных моделей нужно создавать разметку сложных юридических документов, что требует участия экспертов;

¹ Anthropic. (2024). Claude 3 Model Card [Электронный ресурс]. <https://www.anthropic.com/claude> (дата обращения: 15.07.2025).

4) ограниченная способность работать с принципиально новыми типами документов. При появлении новых форматов требуется дополнительная настройка алгоритмических правил и валидации.

Соответствие теоретическим моделям и вклад в научное знание. Полученные результаты подтверждают теоретические положения, изложенные в работе:

— математическая модель точно прогнозирует уровень итоговой ошибки;

— созданная архитектура отражает принципы двухсистемной когнитивной модели (Kahneman, 2011), где алгоритмы выполняют функции «медленной» системы, а нейросети — «быстрой»;

— использование трансформеров (Vaswani et al., 2017; Brown et al., 2020) и специализированных юридических моделей (Chalkidis et al., 2022) обеспечивает высокую полноту извлечения информации;

— темпоральный RAG способствует радикальному снижению ошибок, связанных с устаревшими нормативными данными (Zhang & Li, 2023), что ранее не было подробно формализовано в литературе.

В совокупности работа демонстрирует, что только комплексное сочетание алгоритмов, ИИ-моделей и темпорального поиска позволяет достичь промышленного уровня надёжности в автоматизации сложных бизнес-процессов.

Заключение

В работе представлена формализованная гибридная архитектура автоматизации бизнес-процессов, предназначенная для обработки сложных юридических и корпоративных документов. Проведённый анализ существующих методов показал ограничения как алгоритмических, так и нейросетевых подходов: первые обеспечивают высокую воспроизводимость, но не справляются с семантической вариативностью, вторые — обладают высокой гибкостью, но недостаточно надёжны для юридически значимых задач.

Разработанная архитектура объединяет преимущества обеих парадигм, используя алгоритмическую предобработку, ансамбль специализированных моделей, алгоритмическую поствалидацию и темпоральный RAG. Введены математические критерии выбора метода обработки на основе формализуемости, критичности и наличия доменных знаний, а также разработана модель, количественно описывающая вклад каждого уровня в итоговую вероятность ошибки.

Экспериментальная валидация на примере анализа многостраничных договоров продемонстрировала существенное повышение надёжности и стабильности вывода. Гибридный подход обеспечил

точность 96,7 %, полноту 93,8 %, F1-меру 95,2 % и сниженный уровень критических ошибок — 2,4 %, что соответствует почти четырёхкратному улучшению по сравнению с LLM-first подходами. Экономический эффект внедрения подтверждает его практическую ценность. Результаты работы открывают перспективы для развития систем промышленного уровня надёжности и могут быть использованы в юридической практике, промышленности, строительстве, финансах, страховании и государственном секторе.

Перспективы дальнейших исследований включают создание автоматизированных инструментов для обновления базы знаний, расширение набора специализированных моделей, интеграцию мультимодальной информации и разработку систем активного обучения с участием экспертов. Гибридные архитектуры, объединяющие алгоритмы, ИИ и темпоральные данные, имеют потенциал стать ключевой технологией для интеллектуальной автоматизации в условиях растущей сложности нормативно-правового и документального пространства.

Список источников

Вагин, В. Н., Головина, Е. Ю., Загорянская, А. А., Фомина, М. В. (2008). *Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах* (Под ред. В. Н. Вагина и Д. А. Поспелова). Москва: Физматлит, 712.

Гаврилова, Т. А., Хорошевский, В. Ф. (2000). *Базы знаний интеллектуальных систем*. Санкт-Петербург: Питер, 384.

Загоруйко, Н. Г. (1999). *Прикладные методы анализа данных и знаний*. Новосибирск: Издательство Института математики, 270

Лукашевич, Н. В. (2011). *Тезаурусы в задачах информационного поиска*. Москва: Издательство МГУ, 512.

Осипов, Г. С., Смирнов, И. В., Тихомиров, И. А. (2008). Реляционно-ситуационный метод поиска и анализа текстов и его приложения. *Искусственный интеллект и принятие решений*, 2, 3–10.

Сулейманов, Д. Ш., Невзорова, О. А., Галиева, А. М. и др. (2013). Методы обработки текстов на татарском языке на основе машинного обучения и онтологий. *Учёные записки Казанского университета. Серия Физико-математические науки*, 155 (1), 75–85.

Allen, J. F. (1983). Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. *Communications of the ACM*, 26(11), 832–843. <https://doi.org/10.1145/182.358434>

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N. et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877–1901.

Chalkidis, I., Jana, A., Hartung, M. et al. (2022). LexGLUE: A Benchmark Dataset for Legal Language Understanding in English. *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the ACL*, 4310–4330. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.acl-long.297>

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of NAACL-HLT 2019*, 4171–4186. <https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423>

Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2009). What Is an Ontology? In S. Staab & R. Studer (Eds.), *Handbook on Ontologies* (pp. 1–17). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-92673-3_0

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R. et al. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. *ACM Computing Surveys*, 55(12), Article 248. <https://doi.org/10.1145/3571730>

Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux.

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A. et al. (2020). Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. *NeurIPS*, 33, 9459–9474.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N. et al. (2017). Attention Is All You Need. *NeurIPS* 30, 5998–6008.

Xu, Y., Xu, Y., Lv, T. et al. (2021). LayoutLMv2: Multimodal Pre-training for Visually-Rich Document Understanding. *ACL*, 2579–2591. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-long.201>

Zhang, Y., & Li, Y. (2023). Temporal Knowledge Base Completion: A Survey. *IJCAI-23*, 6223–6231. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2023/695>

References

Allen, J. F. (1983). Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. *Communications of the ACM*, 26(11), 832–843. <https://doi.org/10.1145/182.358434>

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N. et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877–1901.

Chalkidis, I., Jana, A., Hartung, M. et al. (2022). LexGLUE: A Benchmark Dataset for Legal Language Understanding in English. *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the ACL*, 4310–4330. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.acl-long.297>

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of NAACL-HLT 2019*, 4171–4186. <https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423>

Gavrilova, T. A., & Khoroshevsky, V. F. (2000). Knowledge Bases of Intelligent Systems. St. Petersburg: Piter. (In Russ.)

Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2009). What Is an Ontology? In S. Staab & R. Studer (Eds.), *Handbook on Ontologies* (pp. 1–17). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-92673-3_0

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R. et al. (2023). Survey of Hallucination in Natural Language Generation. *ACM Computing Surveys*, 55(12), Article 248. <https://doi.org/10.1145/3571730>

Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux.

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A. et al. (2020). Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. *NeurIPS*, 33, 9459–9474.

Lukashevich, N. V. (2011). *Thesauri in Information Retrieval Tasks*. Moscow: Moscow State University Press. (In Russ.)

Osipov, G. S., Smirnov, I. V., & Tikhomirov, I. A. (2008). Relational-situational method for text retrieval and analysis and its applications. *Artificial Intelligence and Decision Making*, 2, 3–10. (In Russ.)

Suleymanov, D. Sh., Nevzorova, O. A., Galieva, A. M., Gatiyatullin, A. R., Gil'mullin, R. A., Khakimov, B. E., & Turdakov, D. Yu. (2013). Text processing methods for the Tatar language based on machine learning and ontologies. *Scientific Notes of Kazan University, Series Physical and Mathematical Sciences*, 155(1), 75–85. (In Russ.)

Vagin, V. N., Golovina, E. Yu., Zagoryanskaya, A. A., & Fomina, M. V. (2008). *Reliable and Plausible Reasoning in Intelligent Systems* (Eds. V. N. Vagin & D. A. Pospelov). Moscow: Fizmatlit. (In Russ.)

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N. et al. (2017). Attention Is All You Need. *NeurIPS* 30, 5998–6008.

Xu, Y., Xu, Y., Lv, T. et al. (2021). LayoutLMv2: Multimodal Pre-training for Visually-Rich Document Understanding. *ACL*, 2579–2591. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.acl-long.201>

Zagoruiko, N. G. (1999). *Applied Methods of Data and Knowledge Analysis*. Novosibirsk: Institute of Mathematics Publishing.

Zhang, Y., & Li, Y. (2023). Temporal Knowledge Base Completion: A Survey. *IJCAI-23*, 6223–6231. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2023/695>

Сведения об авторах

Веденяпин Игорь Валерьевич — генеральный директор, ООО «Нейромус»; Российская Федерация, 620036, г. Екатеринбург, п. Мичуринский, ул. Карасьевская, д. 41, кв. 14; e-mail: igor@stemper.pro.

Сайфулин Андрей Алексеевич — директор по внедрению, ООО «Нейромус»; Российская Федерация, 620036, г. Екатеринбург, п. Мичуринский, ул. Карасьевская, д. 41, кв. 14; e-mail: andrey@neuromus.ai.

Igor V. Vedenyapin — chief Executive Officer, LLC “Neuromus”; Russian Federation, 620036, Ekaterinburg, Michurinsky settlement, 41 Karasyevskaya St., apt. 14; e-mail: igor@stemper.pro.

Andrey A. Saifullin — director of Implementation, LLC “Neuromus”; Russian Federation, 620036, Ekaterinburg, Michurinsky settlement, 41 Karasyevskaya St., apt. 14; e-mail: andrey@neuromus.ai.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Исследование выполнено исключительно в научных целях; его результаты, выводы и интерпретации не обусловлены влиянием каких-либо коммерческих, финансовых или личных интересов. Разработанные архитектурные решения и методологические подходы основаны на объективном анализе и не связаны с продвижением конкретных продуктов, технологий или организаций.

Использование средств искусственного интеллекта

Средства искусственного интеллекта применялись только для вспомогательной обработки текста: сокращения, редактирования формулировок и улучшения структуры изложения. Все концепции, модели, результаты и выводы исследования полностью разработаны авторами. Авторы несут ответственность за содержание статьи.

УДК 339.97

JEL classification: F22, F23, F59

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-7>

БРИКС+: цифровая дифференциация и создание единого цифрового пространства¹

Ф. С. Губайдуллина

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина
(г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0003-0113-744X>.

Автор для корреспонденции: Ф. С. Губайдуллина (farida-g@mail.ru).

Аннотация. Развитие цифровой экономики является одним из определяющих трендов глобального развития. Однако цифровизация происходит неравномерно по странам и субрегионам мира, что создает дополнительную основу для углубления глобального неравенства, увеличения разрыва между развитыми и развивающимися странами. В статье анализируется развитие цифровой экономики в странах БРИКС+ с целью обнаружить, существует ли диспаритет в обеспечении стран цифровыми технологиями. Для цели исследования используется Индекс цифровой эволюции (Digital Evolution Index), методика построения которого создана учеными Школы права и дипломатии им. Флетчера (Университет Тафтса, США). В результате исследования выявлены лидеры и аутсайдеры цифрового развития, что создает почву для появления проблем с управлением альянсом, связанных с неравномерностью цифрового развития.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровая экономика, цифровой разрыв, БРИКС, создание единого цифрового пространства

¹ © Губайдуллина Ф. С. Текст. 2026.

BRICS+: digital differentiation and creation of a single digital space

F. S. Gubaidullina

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

<https://orcid.org/0000-0003-0113-744X>

Corresponding author: F. S. Gubaidullina (farida-g@mail.ru).

Annotation. *The development of the digital economy is one of the defining trends in global development. However, digitalization occurs unevenly across countries and sub-regions of the world, which creates an additional basis for deepening global inequality and widening the gap between developed and developing countries. The article analyzes the development of the digital economy in the BRICS+ countries in order to determine whether there is a disparity in providing countries with digital technologies. For the purpose of the research, the Digital Evolution Index is used, the construction methodology of which was created by scientists from the Fletcher School of Law and Diplomacy (Tufts University, USA). As a result of the research, the leaders and outsiders of digital development have been identified, which creates the ground for the emergence of problems with the management of the alliance related to the uneven digital development.*

Keywords: digital transformation, digital economy, digital gap, BRICS, creation of a single digital space

Введение

На данном этапе мирового развития в условиях четвертой индустриальной революции использование цифровых технологий в экономике является ключевым элементом, определяющим развитие и конкурентоспособность стран. Формирование цифровой экономики важно для повышения эффективности государственного управления и одновременно является фундаментом для обеспечения национальной безопасности и экономической независимости.

Новизна данного исследования заключается в применении оригинального подхода к оценке цифрового развития совокупности стран, установлении связи текущих показателей цифровизации и динамичности процессов цифровой трансформации. Цифровизация общества создает потенциально активное пространство для более эффективного развития отраслей и различных видов экономической деятельности за счет повышения производительности труда и рациональности ведения бизнеса в результате автоматизации рутинных задач и улучшения управления.

Тема оценки цифровой зрелости стран получила развитие в экономической литературе. Многие авторы используют комплексные методики, основанные на анализе уровня развития инфраструкту-

ры и возможностей доступа к цифровым технологиям; вклада цифрового сектора в ВВП; использования цифровых технологий бизнесом и распространения навыков среди населения. Другие авторы делают упор на специализированные индексы, проводят сравнительный анализ и ранжирование стран по определенному индексу, как это делают в Европейском Союзе. Авторская методика основана на синтезе этих двух подходов, совмещении исследования на основе сравнения индексов и анализа набора статистических данных по цифровизации национальных экономик.

Объектом исследования являлись страны БРИКС. Это сообщество было создано по инициативе самих стран, заинтересованность в совместном развитии заключалась в эффективном противостоянии политическому объединению G-7. За исторически короткий период был создан институт глобального управления, который активно позиционирует себя на мировой арене. Актуальной является их дальнейшая интеграция и отработка новых механизмов сотрудничества между участниками альянса, в т. ч. на основе использования цифровых технологий.

Цель работы — на основе эмпирического исследования подвести базу для предположения, помешает ли цифровой разрыв, возникший в результате расширения альянса до формата БРИКС+, в результате которого дифференциация в плане развития цифровой экономики стала еще более сильной, дальнейшей интеграции и не усложнит ли процесс управления альянсом.

Обсуждение и результаты

Развитость стран в плане охвата информационно-телекоммуникационными технологиями и использования цифровых инноваций можно оценить на основе сравнения индексов, оценивающих уровень цифровизации в национальной экономике и прогресс в применении цифровых технологий, поскольку их появилось множество. Их разрабатывают научные подразделения международных организаций, исследовательские институты, аналитические компании и пр. Заслуживает внимания Индекс цифровой эволюции (*Digital Evolution Index*), методика его построения создана Школой права и дипломатии им. Флетчера (Университет Тафтса, США) совместно с Mastercard. Индекс появился и был использован для представления картины глобального цифрового развития в 2014 г. С тех пор было проведено четыре межстрановых исследования в 2014, 2017, 2020 и 2025 гг. Отчет последнего выпуска 2025 г. «From the COVID Shock to the AI Surge: How 125 Digital Economies Around the World

Are Evolving and Changing»¹ рассматривает обширную группу стран, число охватываемых стран увеличилось до 125, тогда как в предыдущем отчете 2020 г. анализировались 90 стран².

Достоинство этого индекса в том, что он основан на предоставлении фактических данных практической информации, дает представление о ключевых факторах, которые определяют изменения и динамику глобального процесса цифровизации и делает попытку раскрыть влияние цифровой эволюции на цифровую конкурентоспособность стран.

Индекс цифровой эволюции представлен в двух модификациях — Индекс *Digital Evolution State*, статическая характеристика, оценивающая текущее положение дел в сфере цифровизации, и Индекс *Digital Evolution Momentum* — динамическая характеристика показывает скорость улучшения показателей в результате использования цифровых технологий. Сочетание двух этих индексов по стране закладывается в основу ранжирования исследуемых стран. Страны распределяются по четырем кластерам, которые отражают классификацию стран в составе четырех зон:

— зона «Stand Out economies» объединяет страны, которые не только имеют развитую цифровую экономикой, но и продолжают двигаться по пути улучшения показателей с высокими темпами роста;

— зона «Stall Out economies» объединяет экономики с высоким уровнем цифровых технологий, но улучшение показателей происходит с медленной динамикой;

— зона «Break Out economies» — сюда входят страны, которые начали внедрение цифровых технологий с невысокого исходного уровня, но в настоящее время демонстрируют быструю динамику в стадии перехода на цифровую модель;

— зона «Watch Out economies» — экономики с низким уровнем цифровизации и одновременно с низкими темпами продвижения по пути к цифровой модели.

Индекс цифровой эволюции Школы Флетчера учитывает 184 параметра, взятых из разных источников, как общедоступных, так и платных, и частных. На цифровую эволюцию по данной методике

¹ Tufts (2025). Bhaskar Chakravorti, Ravi Shankar Chaturvedi, Christina Filipovic, Xue Niu. From the COVID Shock to the AI Surge: How 125 Digital Economies Around the World Are Evolving and Changing. April 2025.

² Tufts (2020). Bhaskar Chakravorti, Ravi Shankar Chaturvedi, Christina Filipovic, and Griffin Brewer: Digital in the time of covid (2020). The Fletcher School at Tufts University. December 2020.

вливают четыре фактора: условия предложения, условия спроса, институциональная среда, а также инновации и изменения.

Вектор данного исследования задает поле для исследования: сравнение цифрового развития стран, входящих в альянс, и выявление их особенностей; определение положения стран БРИКС+ в системе координат *Index Digital Evolution*; определение узких мест в цифровом развитии стран; преодоление препятствий по пути создания единого цифрового пространства. сферы деятельности, в которых цифровые технологии стали наиболее востребованными; действий правительства стран для создания новых возможностей опережающего цифрового развития.

Общая оценка уровня цифровизации стран БРИКС+ в системе DEI

Используем данный индекс для международных сравнений и анализа дифференциации показателя. У стран БРИКС+ общие цели в плане продвижения к модели цифровой экономики — это форсировать процессы внедрения цифровых технологий в производство и повседневную жизнь граждан, а также наладить сотрудничество в этой сфере. Однако присутствуют существенные различия в плане стартового уровня развития цифровой экономики, развития электронного бизнеса и торговли и оснащенности цифровой инфраструктурой среди стран БРИКС.

В 2024 г. к пятерке учредителей БРИКС присоединились еще пять стран, и начиная с этого времени стали говорить о новой эре в истории этого альянса и создании объединения БРИКС+. Состав альянса стал более разнообразным. Раньше Южная Африка была единственным представителем интересов стран Африки в БРИКС, после расширения еще две африканские страны, Египет и Эфиопия, представляют этот континент. Страны-нефтеэкспортеры Иран и Объединенные Арабские Эмираты как представители Ближнего Востока обеспечивают доступ других членов объединения к энергоносителям на выгодных условиях. Индонезия транслирует интересы стран АСЕАН, ее обычно рассматривают как страну НИС, но у нее есть интересы и на нефтяном рынке, т. к. в прошлом она входила в состав ОПЕК.

В настоящее время объединение БРИКС+ в современном многополярном мире представляет собой крупный экономический блок, куда входят государства с разными культурами, политическими системами и экономическими моделями, страны значительно различаются по уровню индустриализации и структуре экономики.

Что касается цифровизации, дифференциация в плане текущих показателей по странам альянса в результате расширения стала еще более сильной. В этом можно убедиться в результате дальнейшего анализа. Сначала остановимся на сравнении стран по методике Индекса цифровой эволюции (табл. 1).

Таблица 1

Индекс цифровой эволюции (Digital Evolution Index) по странам БРИКС в 2023 г.

| Страны | Digital Evolution State | Рейтинг | Digital Evolution Momentum | Рейтинг |
|-----------------------------|-------------------------|---------|----------------------------|---------|
| <i>БРИКС</i> | | | | |
| Бразилия | 50.15 | 65 | 64.76 | 48 |
| Россия | 58.02 | 51 | 68.94 | 12 |
| Индия | 48.56 | 70 | 69.91 | 8 |
| Китай | 78.14 | 20 | 84.62 | 1 |
| Южная Африка | 50.11 | 66 | 61.65 | 78 |
| <i>БРИКС+</i> | | | | |
| Египет | 38.38 | 91 | 64.25 | 52 |
| Иран | 40.41 | 88 | 65.37 | 39 |
| Эфиопия | 17.29 | 124 | 59.77 | 101 |
| Индонезия | 48.14 | 71 | 71.55 | 4 |
| ОАЭ | 75.18 | 26 | 68.06 | 15 |
| <i>Страны для сравнения</i> | | | | |
| США | 100.00 | 1 | 72.55 | 3 |
| Сингапур | 96.72 | 2 | 63.73 | 60 |
| Финляндия | 89.20 | 3 | 59.37 | 103 |
| Южная Корея | 87.73 | 40 | 65.34 | 40 |
| Катар | 65.87 | 36 | 64.12 | 56 |
| Саудовская Аравия | 62.37 | 42 | 71.20 | 6 |
| Казахстан | 53.97 | 57 | 67.92 | 18 |
| Украина | 52.70 | 61 | 65.40 | 38 |
| Беларусь | 51.55 | 63 | 66.33 | 29 |
| Аргентина | 49.49 | 67 | 66.54 | 27 |

Источник: сост. автором по (Tufts (2025). Bhaskar Chakravorti, Ravi Shankar Chaturvedi, Christina Filipovic, Xue Niu. From the COVID Shock to the AI Surge: How 125 Digital Economies Around the World Are Evolving and Changing. April 2025).

Индекс Digital Evolution State в странах БРИКС+

Страны БРИКС в рассматриваемом рейтинге по Индексу цифровой эволюции демонстрируют средние показатели в мировом сообществе. По статическому показателю «Digital Evolution State» наиболее высокую позицию в рейтинге занимает Китай, на втором месте Россия, последнее место занимает Индия. Но после присоединения пятерки новых стран лидеры среднее звено и замыкающие страны поменялись. У присоединившихся ОАЭ также сильные позиции в развитии цифровой экономики, а примкнувшие африканские страны Египет и Эфиопия имеют низкие текущие показатели и находятся близко к концу списка. Южная Африка среди африканских стран является лидером.

Индекс Digital Evolution Momentum в странах БРИКС+

Судя по данным таблицы 1, в соотношении статического и динамического индексов наблюдается такая закономерность: страны, которые занимали невысокие места в рейтинге по статическому показателю цифровой эволюции, как правило, имеют более высокий рейтинг по динамическому показателю, и это логично, потому что им приходится наверстывать упущенное в связи с тем, что они находятся в роли догоняющего. И наоборот, страны с высоким рейтингом по статическому показателю обычно имеют более низкий рейтинг по динамической модификации индекса. К примеру, Сингапур с рейтингом номер 2, что означает, что это страна имеет самую продвинутую цифровую экономику в мире, по динамическому показателю находится только на 60-м месте.

Самые выдающиеся результаты по скорости внедрения цифровых технологий демонстрирует Китай, занимая 1-е место в мире по Индексу *Digital Evolution Momentum*. Индия также входит в первую десятку лидеров по скорости внедрения цифровых технологий (8-е место). Среди стран БРИКС медленнее всего перемены, связанные с цифровой трансформацией экономики, происходят в Южной Африке и Эфиопии. Индия на фоне остальных стран выглядит твердым «середнячком». Если классифицировать десять стран альянса по зонам, выделяемым по методике индекса *Digital Evolution*, то получим следующие результаты (табл. 2).

Как следует из данных таблицы 2, наилучшие позиции у Китая и ОАЭ, эти страны попали в первый квадрант на графике *Stand Out* — зону стран с развитой цифровой экономикой и продолжающих быстро улучшать свои показатели (рис.). Однако ОАЭ уступает Китаю по скорости улучшения достижений. Китай признан одной

Таблица 2

Страны БРИКС+ в системе координат Index Digital Evolution

| Stand Out | Stall Out | Break Out | Watch Out |
|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Китай | — | Россия | Южная Африка |
| ОАЭ | — | Бразилия | Эфиопия |
| н/д | н/д | Индонезия | н/д |
| н/д | — | Индия | н/д |
| н/д | н/д | Иран | н/д |
| н/д | н/д | Египет | н/д |

Источник: сост. автором.

из ведущих цифровых экономик мира, об этом будет упомянуто ниже, но лидерство достигается за счет масштабности экономики. В мировом сообществе уровень цифровизации Китая оценивается как средний, т. е. он ниже, чем в развитых странах, в то время как у малой экономики ОАЭ отличные показатели по уровню охвата населения и бизнеса цифровыми технологиями.

Во второй квадрант — зону *Stall Out* — никто из стран БРИКС+ не попал, туда входят страны, у которых цифровая экономика получила развитие, но большого стремления улучшить свои достижения нет. Такое сочетание редко для государств, которые стремятся к лучшему цифровому будущему.

Наиболее распространена ситуация *Break Out* (четвертый квадрант), когда страны находятся в стадии трансформации в циф-

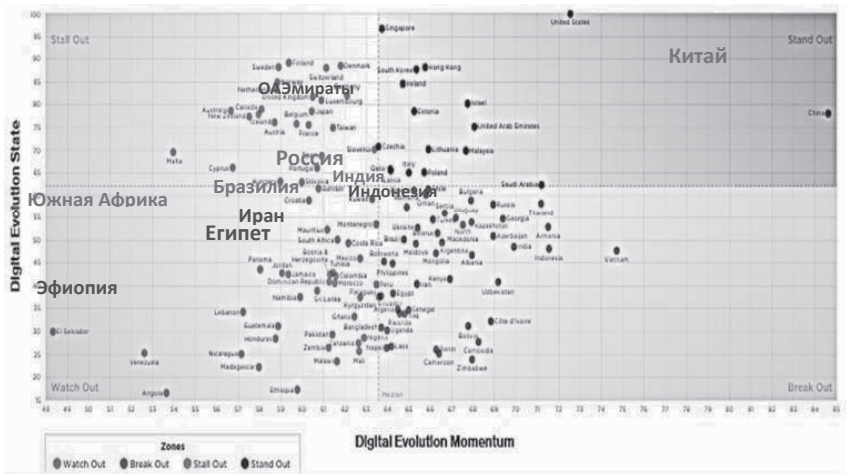


Рис. Страны БРИКС+ в системе координат Index Digital Evolution (источник: сост. автором)

ровую модель, но текущий уровень показателей недостаточно высок, в этой зоне оказалось шесть стран. Лучшая ситуация у России, она находится ближе всех к идеальной зоне *Stand Out*. Индонезия значительно уступает России по текущему уровню цифровизации, но опережает по динамике цифровой трансформации (4-е место по уровню *Digital Evolution Momentum*). Бразилия и Индия отстают от России по текущим показателям. Бразилия отстает и по темпу цифровых преобразований в экономике, а Индия опережает Россию по скорости изменений. Стремительность цифровой трансформации экономики Индии признают все в мире, она обошла Китай по скорости роста проникновения Интернета.

Иран и Египет в этой шестерке стран являются замыкающими. У стран довольно низкие текущие показатели цифровизации, но и темпы их улучшения невысоки. Особенно медленно процессы внедрения цифровых технологий происходят в Египте, хотя Ирану в условиях экономической изоляции приходится преодолевать много препятствий. Международные санкции и финансовые ограничения, блокировка иностранных Интернет-платформ приводят к тому, что в стране создается изолированная цифровая среда. Мешает развитию сети Интернет и внутренняя цензура. Основным препятствием по пути прогресса в плане цифровизации в Египте является проблема с уровнем грамотности.

В третьем квадранте — в зоне *Watch Out* — оказались Южная Африка и Эфиопия. Известно, что по уровню проникновения и использования цифровых технологий Африка отстает от других регионов мира. Основная причина в низких доходах, и вложение инвестиций в цифровую инфраструктуру является ключевым фактором для дальнейшего роста. Однако некоторые африканские страны развивают цифровую экономику быстрыми темпами. К примеру, Маврикий, Марокко, Кения (Приходько, Шеров-Игнатьев, 2024). В Южной Африке ниже среднего уровень развития цифровой экономики, примерно как в Бразилии, а темпы цифровизации явно требуют ускорения. Нельзя сказать, что в зоне *Watch Out* находятся только страны-аутсайдеры, здесь есть страны со средним уровнем цифровизации (Хорватия, Черногория, Кувейт), просто в этих странах развитие цифровой экономики не является приоритетной задачей. Но Эфиопия действительно является аутсайдером, находясь в конце списка по текущему состоянию цифровой экономики, вернее, ее отсутствия, а также близко к концу списка анализируемых стран по динамике развития цифровых процессов.

Описательная статистика цифровизации в странах БРИКС+

В литературе имеется много работ, посвященных сравнению и оценке цифрового потенциала стран БРИКС, в которых авторы оценивали уровень цифровизации, динамику процессов, степень влияния цифровизации на макроэкономическое развитие и другие параметры. При этом для анализа использовались разные методики и инструменты исследования. Все исследователи отмечают наличие цифрового неравенства (Игнатов, 2020; Морозкина, 2020; Растопчина, Ковалева, 2025). Разный уровень цифрового развития БРИКС констатируют и данные международных организаций — ОЭСР, ЕС, Мировой Банк, ЮНКТАД, Всемирный экономический форум и др. Проведем наш сравнительный экспресс-анализ стран, проанализируем статистические показатели с учетом предыдущих результатов, полученных при оценке уровня цифровизации стран по системе DEI. Описательная статистика в таблице 3 приводит данные по популярным показателям цифровой экономики.

Как известно, почти все эти государства — страны с емким рынком, т. е. имеется большой потенциал для роста услуг в сфере IT. Во всех странах приняты государственные программы цифровой трансформации экономики и создания цифровой инфраструктуры (Морозкина, 2020). Самым популярным сектором для применения цифровых технологий является рынок *e-commerce*, т. е. онлайн-торговля товарами и услугами через Интернет-магазины, маркетплейсы, социальные сети. Она включает не только заключение онлайн сделок по покупке, но и такие бизнес-процессы, как управление поставками, электронный обмен данными и финансовые операции. Пандемия стала мощным толчком для роста онлайн-торговли, развития электронной коммерции, во всех странах наблюдался рост рынка *e-commerce*, увеличение доли торговых услуг в цифровом формате¹.

Всего в мире 5,5 млрд чел., что составляет примерно 2/3 мирового населения, использующих мировую паутину в информационных и других целях. Интернет стал жизненно важным элементом повседневной жизни, он трансформировал способы взаимодействия людей и организации потока данных. Поэтому число пользователей в стране является важной характеристикой внедрения цифровых технологий. В нашем альянсе наибольшее число Интернет-пользователей приходится на Китай (1,1 млрд чел.), Индия от-

¹ Tufts (2020). Bhaskar Chakravorti, Ravi Shankar Chaturvedi, Christina Filipovic, and Griffin Brewer: Digital in the time of covid (2020). The Fletcher School at Tufts University. December 2020.

стает от Китая, хотя по численности населения уже опережает. Китай, Индия, Индонезия, Бразилия, Россия входят в первую десятку по миру по данному показателю. США занимают 3-е место в мировой десятке. В Африке Интернет пока не стал достаточно доступным, поэтому у Южной Африки показатели скромные¹.

Еще более важным показателем цифровой экономики является уровень проникновения Интернета, его доступность, которая измеряется долей пользователей всемирной паутиной в общей численности населения. По числу пользователей Восточная Азия сильно опережает Европу, но по уровню проникновения у азиатских стран отставание от европейских, особенно от малых стран Северной Европы. В Китае уровень проникновения пока еще относительно низкий. В Европе уровень проникновения Интернета приближается к 100 % в таких странах, как Ирландия, Норвегия, Швейцария, Дания, а также высоки показатели у Саудовской Аравии и Объединенных Арабских Эмиратов. В ЮВА самые высокие показатели проникновения у Южной Кореи (97,6 %) и Сингапура (96,9 %)².

Среди пятерки стран БРИКС самый высокий уровень проникновения у России. В Индии, которая демонстрирует хорошую динамику цифровой трансформации в стране, пока уровень проникновения невысокий и составляет 61,0 %, это ниже, чем среднемировой уровень 67,5 %. Однако самый низкий уровень в Южной Африке и Эфиопии³.

В 2023 г. объем мировой цифровой индустрии составлял 11,8 трлн долл., а ее доля в мировом ВВП составила 11,2 %. Цифровая экономика включает в себя три компонента: инфраструктуру, электронный бизнес (цифровые процессы, в организациях) и электронную коммерцию. В цифровой экономике главный фактор производства — это информация или данные, представленные в цифровом виде. На мировой показатель оказывают наибольшее влияние государства, которые обладают развитым цифровым сегментом, генерируют цифровые инновации и широко используют цифровые технологии в разных видах экономической деятельности.

Ведущими цифровыми экономиками мира являются США, Китай, Великобритания, Япония, Германия и Южная Корея. В это время страны, отстающие в цифровом развитии, генерируют экономиче-

¹ SG Analytics (2025). Dominating the Internet Landscape: Global Internet Usage Statistics by Country in 2025. [Электронный ресурс]. <https://www.sganalytics.com/blog/global-internet-usage-statistics/> (дата обращения: 15.10.2025).

² Там же.

³ ITU DataHub. (2024). Портал Международного союза электросвязи. [Электронный ресурс]. <https://datahub.itu.int/> (дата обращения: 15.10.2025).

**Популярные показатели цифровизации в применении к странам
БРИКС+, 2023–2024 гг.**

| Страны | Показатели | | | |
|--------------|---|--|----------------------------------|--|
| | Емкость онлайн рынка, (кол-во пользователей Интернет, млн чел.) | Уровень проникновения Интернета, % населения + | Доля цифровой экономики в ВВП, % | Доля электронной коммерции в розничной торговле, % |
| Бразилия | 165,3 | 81,4 | 3,5 | 11 |
| Россия | 129,8 | 92,2 | 3,9 | 25 |
| Индия | 881,3 | 61,0 | 11,7 | 8 |
| Китай | 1100,0 | 74,5 | 10,0 | 30 |
| Южная Африка | 50,8 | 56,2 | 5,2 | 4 |
| Индонезия | 215,6 | 76,3 | 8,4 | 26,5 |
| Египет | 96,3 | 70,0 | 5,1 | ... |
| Эфиопия | 28,6 | 16,7 | 2 | 0,00 |
| ОАЭ | 11,1 | 99,0 | 12–13 | 15 |
| Иран | 73,2 | 79,6 | 7,4 | 6 |

Источник: сост. автором по: SG Analytics (2025). Dominating the Internet Landscape: Global Internet Usage Statistics by Country in 2025. [Электронный ресурс]. <https://www.sganalytics.com/blog/global-internet-usage-statistics/> (дата обращения: 15.10.2025); ITU DataHub. (2024). Портал Международного союза электросвязи. [Электронный ресурс]. <https://datahub.itu.int/> (дата обращения: 15.10.2025).

ский рост благодаря использованию природных ресурсов, развитию традиционной индустрии, аграрного сектора. Самая большая доля цифровой индустрии в валовом продукте страны у США (10,5 %), но есть и более высокие оценки на уровне 18 %. Хотя Индию не считают лидером по развитию цифровой экономике, ее доля в 2023 г. оценивается в 11,7 %.

Одним из основных драйверов роста мировой цифровой экономики в ближайшие годы будет онлайн-торговля, наряду с онлайн-путешествиями и цифровой рекламой. Доля e-commerce в глобальной розничной торговле в 2024 г. составила 20,5 %. В зрелых экономиках (США, Великобритания) доля e-commerce составляет 20–30 %, а в развивающихся странах с активной цифровизацией она колеблется в широком диапазоне 10–30 %. Наибольшее развитие электронная коммерция получила в Китае, по доле e-commerce в розничной торговле Китай опережает даже США. Ведущими от-

раслями цифровой экономики Китая являются сектор Интернета вещей, программное обеспечение и ИТ-услуги, искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления (Джан, Чен, 2019).

Создание единого цифрового пространства

Несмотря на сравнительно недолгую историю, за время своего существования БРИКС состоялся как институт глобального управления (Игнатов, 2020; Морозкина, 2020). За пройденный период создана разветвленная сеть механизмов сотрудничества между участниками альянса, число сфер взаимодействия расширяется, оптимизируется и институционализируются. В настоящее время главным направлением интеграционного взаимодействия стран-участниц БРИКС+ в сторону дальнейшего укрепления потенциала их цифрового развития является создание единого цифрового пространства. Оно поставлено странами на повестку дня и сопровождается обсуждениями и созданием институтов для решения этой задачи.

Важность цифрового взаимодействия отмечалась на всех встречах БРИКС, однако особенно активно эта тема стала развиваться и обсуждаться с 2015 г. в рамках российского председательства. По итогам саммита в Уфе была принята итоговая декларация, содержащая вопросы обеспечения доступа наиболее бедного населения к мобильному Интернету. Позже в 2018 г. в Йоханнесбурге на саммите была одобрена инициатива по созданию Партнерства БРИКС по вопросам четвертой промышленной революции. Была создана рабочая группа, периодически происходили встречи министров связи стран БРИКС, где поднимались вопросы доступа к цифровым технологиям. Продолжение обсуждения происходило и на последующих встречах, в т. ч. в онлайн-формате. На саммите в 2024 г. в Казани получил освещение вопрос модернизации статистической деятельности, которая невозможна без внедрения цифровых технологий. Учрежденный в 2015 г. Новый банк развития БРИКС имеет финансовый потенциал для участия в вопросах снижения цифрового разрыва в странах БРИКС. К середине 2025 г. завершилось создание цифровой платформы расчетов и инвестиций альянса.

Проблемы, актуальные для продвижения к цифровому сотрудничеству в БРИКС+

Расширение БРИКС в 2024 г. увеличило дифференциацию объединения не только в плане цифровой зрелости, как отмечалось выше, но также и в плане экономического неравенства, кроме того, нужно констатировать наличие вектора разной политической направленности

сти, и это может осложнить процесс принятия решений, сделав процедуру управления альянсом более сложной. Предположительно могут возникнуть проблемы в связи с экономической изоляцией Ирана.

Важной задачей является преодоление цифрового разрыва между городом и сельской местностью, которым страдают все страны, это поможет укрепить позиции стран в достижении цифрового лидерства. Пока в этом плане наблюдается медленный прогресс, особенно в странах Африки, и сильное отставание от Северной Америки и Европы, которые неизменно лидируют в области цифрового охвата сельских районов.

По итогам анализа по методике Digital Evolution Index мы убедились, что в цифровом пространстве БРИКС+ присутствуют разные модели продвижения по пути цифрового лидерства стран. Поэтому разным странам можно дать разные рекомендации для оптимизации этого процесса.

Самая выигрышная ситуация у Китая и ОАЭ, поскольку Китай имеет самое большое в мире сообщество пользователей Интернет и уступает по инновациям только США, но страна имеет невысокую степень охвата в процентах от численности населения. Поэтому актуальной является ликвидация цифрового разрыва между городскими и сельскими районами, богатым и бедным населением.

Индия, Индонезия, Бразилия и Россия также являются крупными глобальными игроками, но уступают Китаю по скорости цифровой трансформации. Наименьшее отставание от Китая по темпам изменения у Индонезии, Индии и России. Индонезия совершила прорыв в плане бурного развития мобильной электронной коммерции. В 2014 г. на мобильную электронную коммерцию приходилось менее 1,5 % розничной стоимости Индонезии, в 2023 г. этот показатель превысил 26,0 %¹. Технологическая отрасль Индии опирается на поддержку молодого, технически подкованного населения. Заслугой Индии являются инфраструктурные достижения, введение системы Aadhaar для идентификации жителей и *Unified Payments Interface (UPI)* — системы мгновенных платежей, передачи финансовых сообщений. В свою очередь достижением России является создание портала «Госуслуги» и Единой биометрической системы, а также высокий доступ домохозяйств к широкополосному Интернету. В ускорении цифровой транс-

¹ Tufts (2025). Bhaskar Chakravorti, Ravi Shankar Chaturvedi, Christina Filipovic, Xue Niu. From the COVID Shock to the AI Surge: How 125 Digital Economies Around the World Are Evolving and Changing. April 2025.

формации нуждается Бразилия, а Египту кардинальные меры по актуализации цифровых технологий просто необходимы.

Странам-аутсайдерам в альянсе (Южная Африка, Эфиопия) предстоит провести большую работу, чтобы преодолеть цифровой разрыв с остальными членами. В Южной Африке намечено расширение доступа к высокоскоростному Интернету в школах, медицинских учреждениях, особенно в отдаленных и сельских районах, развитие цифровых навыков у населения. Правительство в настоящее время работает над цифровизацией госуслуг. Особенно большие задачи предстоит решить Эфиопии, у которой цифровая экономика почти на нуле. В стране принята стратегия «Цифровая Эфиопия 2025», делается ставка на привлечение иностранных инвестиций и на образовательные программы в сфере цифровых технологий.

Заключение

По прогнозам аналитической компании SG Analytics, в будущем глобальное использование Интернета будет сопровождаться ростом числа пользователей, доступность Интернета будет повышаться. Число пользователей глобальной сети в мире будет расти и достигнет 7,9 млрд чел. к 2029 г. Вклад стран БРИКС+ в этот показатель будет ощутимым, учитывая масштабность стран и среднюю скорость цифровой трансформации.

Актуальной задачей для эффективного управления альянсом, совершенствования БРИКС+ как института глобального управления является создание единого цифрового пространства. Это требует повышения однородности моделей развития цифровой экономики в странах-участницах, уменьшения цифрового разрыва между странами-лидерами и странами-аутсайдерами.

Список источников

Джан, Л., Чен, С. (2019) Цифровая экономика Китая: возможности и риски. *Вестник международных организаций*, 14 (2), 275–303.

Игнатов, А. А. (2020). Цифровая экономика в БРИКС: перспективы многостороннего сотрудничества. *Вестник международных организаций*, 15 (1), 31–62 (на русском и английском языках). DOI: 10.17323/1996-7845-2020-01-02

Морозкина, А. К. (2020). Цифровой разрыв в странах БРИКС: проблемы межрегионального неравенства. *Вестник международных организаций*, 15 (4), 70–90 (на русском и английском языках). DOI: 10.17323/1996-7845-2020-04-04

Приходько, Д. В., Шеров-Игнатъев, В. Г. (2024). Цифровая экономика в Африке: состояние и проблемы развития. *Вестник Санкт-Петербургского университета Экономика*, 40 (1), 3–35. DOI: 10.21638/spbu05.2024.101

Растопчина, Ю. Л., Ковалева, Е. И. (2025). Цифровизация в странах БРИКС: сравнительный обзор и рейтинговая диагностика. *Экономика. Информатика*, 52(3), 539–556. DOI: 10.52575/2687-0932-2025-52-3-539-556. EDN IJYKAB

References

Ignatov, A. A. (2020). Digital economy in BRICS: prospects for multilateral cooperation. *Bulletin of International Organizations*, 15(1), 31–62 (in Russian and English). DOI: 10.17323/1996-7845-2020-01-02.

Jan, L. & Chen, S. (2019) China's digital economy: Opportunities and risks. *Bulletin of International Organizations*, 14(2), 275–303. (In Russ.)

Morozkina, A. K. (2020). The digital divide in the BRICS countries: problems of interregional inequality. *Bulletin of International Organizations*, 15(4), 70–90 (in Russian and English). DOI: 10.17323/1996-7845-2020-04-04

Prikhodko, D. V. & Sherov-Ignatiev, V. G. (2024). Digital Economy in Africa: state and problems of development. *Bulletin of St. Petersburg University of Economics*, 40(1), 3–35. DOI: 10.21638/spbu05.2024.101 (In Russ.)

Rostopchina, Yu. L. & Kovaleva, E. I. (2025). Digitalization in the BRICS countries: comparative review and rating diagnostics. *Economy. Informatics*, 52(3), 539–556. DOI: 10.52575/2687-0932-2025-52-3-539-556. EDN IJYKAB (In Russ.)

Сведения об авторе

Губайдуллина Фарида Сабировна — доктор экономических наук, профессор, доцент, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; <https://orcid.org/0000-0003-0113-744X> (Российская Федерация, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19; e-mail: farida-g@mail.ru).

Farida S. Gubaidullina — a Doctor of Economics, Professor, associate professor; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin; <https://orcid.org/0000-0003-0113-744X> (19 Mira Street, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail: farida-g@mail.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that no Artificial Intelligence (AI) tools were used when writing this article.

УДК 338.45

JEL classification: O33, L23

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-8>

Цифровая трансформация промышленной компании: некоторые выводы из опыта НЛМК¹

В. Ж. Дубровский^а, Э. Р. Зинатуллина^б

^а Уральский государственный экономический университет (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0002-1047-1952>

^б ООО «Грайф Москва» (Greif Russia) (г. Москва, Россия).

Автор для корреспонденции: В. Ж. Дубровский (dubr@usue.ru).

Аннотация. В работе представлены исходные данные и аналитические материалы, отражающие особенности цифровых преобразований в крупной промышленной компании, на примере которой исследуется переход от разрозненных цифровых решений к формированию целостной модели цифрового развития. Цель исследования заключается в выявлении факторов, определяющих успешность цифровой трансформации крупного производственного комплекса. Методами исследования выступают системный подход, приемы структурно-функционального анализа, сравнительный анализ практических решений, а также качественный анализ динамики внедрения цифровых инструментов в ключевые сферы деятельности компании. На основе обобщения фактических данных получены результаты, позволяющие выделить основные направления цифровой трансформации компании: развитие цифровых моделей производственных процессов, применение инструментов аналитической обработки данных, формирование систем оптимизации ресурсов и совершенствование взаимодействия компании с внешней средой.

Ключевые слова: практический опыт цифровой трансформации, цифровые технологии, эффекты цифровых решений, мониторинг цифровизации

¹ © Дубровский В. Ж., Зинатуллина Э. Р. Текст. 2026.

Digital Transformation of an Industrial Company: Some Lessons from NLMK's Experience

V. Zh. Dubrovsky ^a, E. R. Zinatullina ^b

^a Ural State University of Economics (Yekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-1047-1952>

^b Greif Russia (Moscow, Russia).

Corresponding author: V. Zh. Dubrovsky (dubr@usue.ru).

Abstract. *This paper presents initial data and analytical materials reflecting the specifics of digital transformation at a large industrial company, using the example of the company to examine the transition from disparate digital solutions to the formation of a holistic digital development model. The objective of the study is to identify the factors determining the success of digital transformation at a large manufacturing complex. The research methods utilize a systems approach, structural and functional analysis techniques, a comparative analysis of practical solutions, and a qualitative analysis of the dynamics of digital tool implementation in key areas of the company's operations. Based on a summary of the actual data, the obtained results allow us to identify the main areas of the company's digital transformation: the development of digital models of production processes, the use of analytical data processing tools, the development of resource optimization systems, and improved interactions with the external environment.*

Keywords: practical experience of digital transformation, digital technologies, effects of digital solutions, digitalization monitoring

Введение

Цифровая трансформация крупной промышленной компании — это прежде всего состояние весьма чувствительных изменений многих аспектов как производственной, так и организационной деятельности, процессов, компетенций, моделей поведения и отношений, основ выбора приоритетных направлений нынешних и будущих преобразований бизнеса. При этом рост масштабов и темпов цифровой трансформации по необходимости становится методом стратегического управления компанией, которое основывается на двух процессах, взаимно дополняющих друг друга: формирование стратегии цифровой трансформации и ее реализация.

Реализация стратегии цифровой трансформации, в отличие от ее формирования, предусматривает в определенном смысле рутинные организационно-административные, интегрирующие, координирующие и контролирующие действия, в результате которых постепенно должны (в чем убеждают результаты многих научных

исследований¹ (Akberdina, 2018; Kvasha et al., 2018; Polozhentseva et al., 2021)) трансформироваться рыночные позиции компании. Заметим, поскольку рыночные позиции всё большего числа компаний и предприятий одной отрасли определяют схожие, по сути, цифровые трансформации и подходы к ее осуществлению, возникают предпосылки формирования как большого (выходящего за рамки отдельной организации) опыта цифровой трансформации, так и специфических институциональных черт отраслевого развития.

Основная часть

Некоторые уточнения последнего тезиса об опыте цифровой трансформации касаются необходимости (если возникает намерение его использовать) в определенной степени учитывать, во-первых, условия его формирования, например, масштабы экономической деятельности той или иной компании, качество человеческого капитала, особенности ее пространственной локализации, может быть, даже место в региональном (общегосударственном, международном) разделении труда. Во-вторых, характеристики бизнес-среды, в которой этот опыт получает развитие, благодаря стимулирующему воздействию институтов (государственных, финансово-кредитных и др.) и факторов (правового, политического, социального, экономического характера), совокупность которых создает условия осуществления деловых отношений и функций.

Достаточно часто встречающееся в научной литературе описание результатов цифровой трансформации из опыта отдельных компаний (Cheremisina, 2019; Боровков и др., 2019; Vertakova et al., 2021; Юрасова, 2024) во многих случаях отражает в большей степени технические аспекты цифровых решений. В гораздо меньшей степени и зачастую весьма фрагментарно представлены организационно-экономические результаты цифровой трансформации. При этом очевидно, что любой кейс, построенный на опытном материале, с точки зрения его практического значения имел бы неоспоримое преимущество перед положениями научных исследований, построенных на умозаключениях и интерпретациях уже известного. Далее представлена попытка описания опыта цифровой трансформации одной известной промышленной компании,

¹ Bloomberg, J. (2018). Digitization, digitalization, and digital transformation: confuse them at your peril. [Электронный ресурс]. <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confusethem-at-your-peril/#3139e10c2f2c> (дата обращения: 18.11.2025).

которую (попытку) авторы хотя и не считают вполне состоявшейся по причинам, во-первых, понятных ограничений на информацию, во-вторых, игнорирования (для краткости) внешних реакций на цифровые трансформационные изменения, но тем не менее рассчитывают на интерес к описанному.

Известно, что Новолипецкий металлургический комбинат под влиянием процессов цифровой трансформации в течение последних 10–12 лет динамично эволюционировал от компании с фрагментарной цифровизацией отдельных этапов основных бизнес-процессов к образу организации с выраженной «цифровой» бизнес-моделью, с характерным для нее проникновением цифровых технологий во внутриорганизационные процессы практически всех областей производственно-хозяйственной деятельности.

Прежде всего, обращает на себя внимание то, как в этот период разнообразно трансформировалось основное производство. При том, что современному металлургическому производству «от природы» свойствен достаточно высокий уровень автоматизации, как правило, синхронизированный с осуществляемыми в режиме реального времени сбором и обработкой информации о текущем статусе производственных процессов, его совершенствование на базе внедрения цифровых копий технологических процессов принесло ощутимые выгоды — от снижения рисков внеплановой остановки производства до оптимизации материальных затрат. Внедрены элементы интегрированного производственного планирования, включающие многочисленные умные системы передачи данных о потребленном сырье, контроля и рационального потребления электроэнергии, воды, газа, других ресурсов. Продукты практически всех основных переделов оцифрованы как виртуальные копии, что позволяет и контролировать качество продукции, и при необходимости вносить корректировки в техпроцессы. Выполнение некоторых видов ремонтных работ, в т. ч. внеплановых в зоне повышенных температур, предусматривает применение робототехники, а также средств визуализации и т. д.

Вместе с тем при всех значительных цифровых трансформациях производственных процессов преобразование компании в некую «цифровую» бизнес-модель определяет не просто широкий охват цифровыми технологиями основных сфер ее деятельности, но, главное, ими опосредована совокупность базовых элементов ее организации как бизнеса, а именно: а) стратегия финансирования деятельности, механизмы получения основного дохода и прибыли; б) методы и технологии инновационной деятельности; в) методы ор-

ганизация сбытовой деятельности (продаж); г) система отношений с контрагентами. В этой части трансформационные изменения происходят в компании в соответствии с планами инвестиционной деятельности, начиная с 2018 г. Но прежде, чем такого рода планы были разработаны, потребовалось выявить и систематизировать заинтересованность компании в цифровых технологиях, связав их выбором приоритетных направлений цифровой трансформации. Схематизированный результат этого выбора представлен на рисунке.

Следует обратить внимание и на то, что цифровые изменения осуществляются под решение конкретных задач. Их суть выражается в иных случаях такими определениями, как замещение (когда цифровые технологии внедряются, чтобы осуществить замену ранее выполнявшихся функций / процессов) или расширение (при котором цифровые технологии используются для улучшения функциональности процесса / продукта). Актуальными же для компании решениями являются именно цифровые трансформации, когда цифровые технологии используются для фундаментального перепределения процесса / продукта.

В целом, придерживаясь данного выбора направлений цифровой трансформации, компания на протяжении последних лет вложила в цифровые технологии порядка нескольких млрд рублей, накопив как положительный опыт их внедрения, так и представление о проблемах и вопросах, которые приходилось (и отчасти приходится в текущем времени) решать по ходу реализации планов и проектов цифровой трансформации.

1. Весьма значительные суммы инвестиций в цифровые технологии практически сразу поставили вопрос об организации мониторинга как инструмента анализа процессов цифровой трансформации и источника оценочной информации о ее результатах, дающего понимание, на каком этапе находится реализация планов и программ развития цифровых технологий и, главное, в каком направлении следует двигаться, чтобы получить максимальные выгоды от их применения. В этой связи была разработана система индикаторов состояния и динамики процессов цифровой трансформации, которую периодически приходится дополнять не только по мере того, как расширяется состав оцениваемых объектов и направлений цифровой трансформации, но и в связи с необходимостью количественно оценивать непрерывные изменения, вызванные внедрением цифровых технологий. Немаловажную проблему вызвали неожиданно большие затраты времени, необходимые для организации сбора информации, верификации данных, их ква-

| СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ | | | |
|--|--|--|---|
| Система продаж | Производство | Финансирование деятельности | Система отношений с потребителями, внешним окружением |
| Каналы сбыта, распределения | Инновационные разработки | Доходы и прибыль | Продвижение бренда |
| ОБЪЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ | | | |
| Технологии Управление / Процессы Работник, его компетенции | | | |
| БАЗОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ | | | |
| 1. Создание виртуальных активов | 2. Создание цифровых инструментов интеграции и анализа данных | 3. Создание и совершенствование умных систем оптимизации затрат | |
| 1.1. Создание цифровых двойников в решениях задач проектирования новой продукции | 2.1. Внедрение предиктивной аналитики на основе применения технических средств (датчиков) сбора информации | 3.1. Развитие цифровых технологий онлайн контроля за использованием ресурсов, учета перемещения сырья и готовой продукции | |
| 1.2. Виртуализация продуктов, технологий тестирования их свойств и качественных характеристик | 2.2. Алгоритмизация процессов внутренней логистики (перемещения грузов) | 3.2. Внедрение и развитие информационной системы интегрированного производственного планирования | |
| 1.3. Создание виртуальных копий производственных активов для оптимизации параметров их использования | 2.3. Разработка цифровых инструментов интеграции систем управления производством (MES) с системой управления ресурсами (ERP) | 3.3. Разработка цифровых инструментов интеграции производственных объектов в производственные цепочки (модули производственного оборудования), позволяющих оптимизировать затраты на решение текущих задач | |
| ФАКТОРЫ РОСТА ЦИФРОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПАНИИ | | | |
| Навыки, опыт, традиции персонала Корпоративные ценности и инициативы | | | |
| ИНВЕСТИЦИИ В ЦИФРОВУЮ ТРАНСФОРМАЦИЮ. ПЛАНЫ И ПРОЕКТЫ | | | |

Рис. Системное видение актуальных для компании направлений цифровой трансформации бизнеса (источник: сост. авторами)

лифицированной обработки, анализа и интерпретации результатов, что обусловило постановку задачи интеграции в ряд технологических процессов автоматизированного мониторинга.

2. Растянутый во времени процесс перехода от традиционных к цифровым методам решения производственных, организационных, экономических задач деятельности компании сопровождается непрерывным ростом проблем хранения, обработки и обмена большими объемами данных через внутреннюю сеть цифровых платформ. Казалось бы, использование облачных технологий, чтобы удовлетворить потребности в хранении и обработке данных, — очевидное решение. Однако в сложившейся политико-экономической ситуации вопросы с подключением к Интернету обязывают признать, что цифровая трансформация бизнеса обуславливает возникновение существенных для компании киберрисков, профилактика которых, как в случае с другими бизнес-рисками, является не столько технологической, сколько экономической проблемой (Козловский, Митюшникова, 2020), требующей определенным образом согласовать приоритеты в финансировании проектов цифровизации. Поэтому для всех бизнес-единиц компании, наряду с планами по внедрению цифровых технологий, в т. ч. построенных на отечественных программных продуктах, как норма заявлена ответственность за онлайн-безопасность, которую функционально обеспечивает, осуществляя при этом многоуровневый мониторинг, децентрализованная структура управления киберрисками. Отметим, что значение этой структуры для нормальной жизнедеятельности компании существенно возрастает в силу нарастания рисков цифровой трансформации (риски хакерских атак, внедрения вирусов, потери электронных данных и целых компьютерных программ, означающих утрату материальных ценностей, находящихся под операционным управлением информационной системы компании и многое другое), которые хотя и могут частично или даже полностью элиминированы, но для этого требуется всё больше времени и средств с каждым днем.

3. Первоначально практически на каждом этапе осуществления планов и проектов внедрения цифровых технологий возникала проблема необходимости ускорения их реализации, обусловленная, главным образом, действием человеческого фактора. Это потребовало создания целой системы стимулирующих мер и действий, сопрягающих мотивацию, построение карьеры с обучением персонала цифровым компетенциям, необходимым на определенном либо участке производства, либо структурном уровне управления компа-

нией. В настоящее время острота этой проблемы для компании существенно снизилась. Однако это не вызвало отказа от системной реализации корпоративных программ развития цифровых навыков персонала, поскольку затраты, их формирующие и развивающие, в настоящее время признаются руководством не просто инвестициями в человеческий капитал, но умножающими цифровые возможности бизнеса. А это, помимо прочего, означает, что рост цифровых компетенций сотрудников в перспективе обусловит ситуацию, когда всё больше и больше бизнес-решений будут внедряться и использоваться без какой-либо ИТ-поддержки (Соколова, Нечаев, 2024).

4. Несмотря на то, что цифровые решения имеют очевидный приоритет в инвестиционной стратегии компании, порядок их принятия не может игнорировать вопрос необходимости учета финансового аспекта. Тем более, когда цифровая технология масштабируется, определяя динамику цифровой трансформации многих бизнес-единиц в структуре компании. Внимание к этому вопросу многократно усиливается, если выясняется, что отмеченная динамика существенно уступает темпам нарастания операционных затрат компании. С другой стороны, удовлетворительная финансовая оценка, полученная по результатам мониторинга тех или иных аспектов цифровой трансформации, лишь подчеркивает значимость увеличивающихся цифровых возможностей как фактора и роста прибыли в долгосрочной перспективе и устойчивого функционирования компании при всех неопределенностях будущего рынка.

5. Важными достижениями цифровой трансформации в компании считаются реализованные решения, позволившие на новом уровне решать вопрос взаимодействия с потребителями и многими субъектами внешнего окружения. Максимально «короткая», информационно насыщенная цифровая связь не только усилила коммуникационные возможности компании, но стимулировала появление т. н. отношенческих инноваций, позволивших сформировать динамично растущую клиентскую базу (т. е. значительный по объему нематериальный актив), в т. ч. за счет появления цифровых потребителей и партнеров, осуществить широкую популяризацию корпоративных ценностей, укрепить общественное признание инициатив компании в области устойчивого развития (Дегтярев, 2023; Мясков, Елисеева, 2024).

6. Цифровая трансформация компании оказывает существенное влияние на ее организационную структуру не только тем, что изменяет иерархию, функционал и состав структурных единиц в системе

управления. Активное внедрение цифровых технологий по-новому ставит вопрос о факторах повышения эффективности организационной структуры управления компанией. ИТ-службы компании становятся партнером функциональных подразделений и бизнес-отделов, предоставляя знания об актуальных цифровых решениях и инструментах, которые могут существенно повысить эффективность их текущей работы, помочь в достижении перспективных целей деятельности. Из последнего опыта: определенные улучшения в подходах к решению совершенно рутинных задач деятельности управленческих служб были достигнуты благодаря использованию таких технологий, как большие данные и искусственный интеллект. Эти факты, безусловно, могут говорить о качестве работы ИТ-служб, но также и о том, что эти службы постепенно переходят от выполнения функций типичной цифровой поддержки к роли создателя решений, инициирующих стратегические изменения в организационной структуре компании. Следует ожидать, что привычные в настоящее время функции ИТ-поддержки постепенно преобразуются в поддержку бизнес-идей и работы по безопасности информации, цифровых систем и технологий (Babkin, 2020; Хоменко, Злобина, 2023).

Заключение

Подводя итог рассмотрению опыта цифровой трансформации компании НЛМК, сформулируем ряд утверждений, как нам представляется, полезных для практической деятельности многих других предприятий.

При всей прогрессивности цифровых технологий реальные эффекты их применения в деятельности компании обуславливаются только комплексными решениями, учитывающих влияние многих факторов и отношений и вызывающих необходимость сопряжения усилий многих квалифицированных специалистов в управления бизнес-процессами.

Все современные достижения цифровизации, начиная с компьютерных технологий и заканчивая технологиями искусственного интеллекта в условиях конкретного предприятия, компании, создают уникальные комбинации организационных и технологических возможностей, которые в свою очередь приводят к созданию оригинальных моделей деловой практики. Полностью (и без ущерба в сравнении с оригиналом) их воспроизвести в условиях другой организационной структуры вряд ли получится, но окажет безусловную пользу, чтобы задать правильные целевые ориентиры цифровой трансформации.

Многочисленными исследованиями доказано, что большая часть сложностей цифровой трансформации заключается в неадекватном планировании, неадекватных целях и нечетких стратегиях. Практический же опыт цифровой трансформации бизнеса к этому перечню добавляет необходимость на каждом этапе изменений учитывать их экономическую целесообразность.

Список источников

Боровков, А. И., Гамзикова, А. А., Кукушкин, К. В., Рябов, Ю. А. (2019). *Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 года)*, Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 62.

Детярев, П. А. (2023). Особенности формирования цифровой экосистемы промышленных предприятий в целях обеспечения их устойчивого развития. *Journal of Economic Regulation (Вопросы регулирования экономики)*, 14 (3), 32–42.

Козловский, А. В., Митюшников, А. И. (2020). Принятие управленческих решений и риск-менеджмент в условиях цифровой экономики. *Вестник ГУУ*, 3, 45–51.

Мясков, А. В., Елисеева, Е. Н. (2024). Устойчивое развитие отечественных промышленных предприятий как фактор эффективности цифровых преобразований. *Экономические системы*, 17(4), 12–27.

Соколова, А. П., Нечаев, И. В. (2024). Навыки персонала как фактор обеспечения инновационного развития компании. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*, 9–5 (96), 275–278.

Хоменко, Е. Б., Злобина, Е. Ю. (2023). Организационно-экономические аспекты управления цифровой трансформацией промышленных предприятий. *Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право»*, 33 (6), 1013–1018.

Юрасова, О. И. (2024). Повышение эффективности деятельности предприятия в условиях цифровой экономики России. *Теория и практика общественного развития*, 10, 156–163.

Akberdina, V. V. (2018). Digitalization of industrial markets: regional characteristics. *Управленец*, 6, 77–87.

Babkin, A. V. (2020). Trends and Factors Causing Clustering in Industry in the Digital Economy. *Natural Humanitarian Research*, 31 (5), 35–43.

Cheremisina, T. P. (2019). Evolution of the Business Models of Russian Construction Companies Digitalization of the Industry. *Журнал СВУ. Гуманитарные науки*, 4, 565–582. <https://doi.org/10.17516/1997-1370-0409>

Kvasha, N. V., Demidenko, D. S., Voroshin, E. A. (2018). Industrial development in the conditions of digitalization of infocommunication technologies. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*, 2, 17–27.

Polozhentseva, Yu. S., Sogacheva, O. V., Byankin, A. S. (2021). Monitoring trends in the development of digital transformation of the industrial complex. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 5 (46), 263–269.

Vertakova, Yu. V., Polozhentseva, Yu. S., Maslennikova, V. V. (2021). Transformation of industry in the context of digitalization of the economy: trends and features of implementation. *Economy and Management*, 27.7(189), 491–503.

References

Borovkov, A. I., Gamzikova, A. A., Kukushkin, K. V., & Ryabov, Yu. A. (2019). *Digital Twins in the High-Tech Industry. Brief Report (September 2019)*. St. Petersburg: POLYTECH-PRESS. 62. (In Russ.)

Degtyarev, P. A. (2023). Features of the Formation of a Digital Ecosystem of Industrial Enterprises to Ensure Their Sustainable Development. *Journal of Economic Regulation*, 14(3), 32–42. (In Russ.)

Kozlovsky, A. V. & Mityushnikova, A. I. (2020). Management Decision-Making and Risk Management in the Digital Economy. *Bulletin of the State University of Management*, 3, 45–51. (In Russ.)

Myaskov, A. V. & Eliseeva, E. N. (2024). Sustainable Development of Domestic Industrial Enterprises as a Factor in the Effectiveness of Digital Transformations. *Economic Systems*, 17(4), 12–27. (In Russ.)

Sokolova, A. P. & Nechaev, I. V. (2024). Personnel Skills as a Factor in Ensuring a Company's Innovative Development. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 9–5(96), 275–278. (In Russ.)

Khomenko, E. B. & Zlobina, E. Yu. (2023). Organizational and Economic Aspects of Managing the Digital Transformation of Industrial Enterprises. *Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law*, 33(6), 1013–1018. (In Russ.)

Yurasova, O. I. (2024). Improving the Efficiency of Enterprise Performance in the Context of Russia's Digital Economy. *Theory and Practice of Social Development*, 10, 156–163. (In Russ.)

Akberdina, V. V. (2018). Digitalization of Industrial Markets: Regional Characteristics. *Manager*, 6, 77–87.

Babkin, A. V. (2020). Trends and Factors Causing Clustering in Industry in the Digital Economy. *Natural Humanitarian Research*, 31(5), 35–43.

Cheremisina, T. P. (2019). Evolution of the Business Models of Russian Construction Companies Digitalization of the Industry. *Journal of SFU. Humanities*, 4, 565–582. <https://doi.org/10.17516/1997-1370-0409>

Kvasha, N. V., Demidenko, D. S. & Voroshin, E. A. (2018). Industrial development in the conditions of digitalization of infocommunication technologies. *Scientific and technical bulletin of the Saint Petersburg State Polytechnical University. Economic sciences*, 2, 17–27.

Polozhentseva, Yu. S., Sogacheva, O. V., Byankin, A. S. (2021). Monitoring trends in the development of digital transformation of the industrial complex. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 5 (46), 263–269.

Vertakova, Yu. V., Polozhentseva, Yu. S., Maslennikova, V. V. (2021). Transformation of industry in the context of digitalization of the economy: trends and features of implementation. *Economy and Management*, 27.7(189), 491–503.

Сведения об авторах

Дубровский Валерий Жоресович — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики предприятий, Уральский государственный экономический университет; <https://orcid.org/0000-0002-1047-1952> (Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 марта, д. 62; e-mail: dubr@usue.ru).

Зинатуллина Эльза Равильяновна — руководитель финансовой службы, ООО «Грайф Москва» (Greif Russia) (Российская Федерация, 115280, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Даниловский, ул. Ленинская Слобода, д. 19, ком. 21Ж1; e-mail: elza0502@yandex.ru).

Valery Zh. Dubrovsky — Doctor of Economics, Professor, Professor in the Department of Enterprise Economics, the Ural State University of Economics; <https://orcid.org/0000-0002-1047-1952> (62, 8 Marta St., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation, e-mail: dubr@usue.ru).

Elza R. Zinatullina — Head of Financial Services, Greif Russia LLC (19, Leninskaya Sloboda St., room 21Zh1, Moscow, 115280, Russian Federation, e-mail: elza0502@yandex.ru).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 330.341.1

JEL classification: O33, M15

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-9>

Межотраслевой потенциал использования ИИ в мировой экономике¹

Н.С. Крапивкин ^а, А.Ю. Щербина ^б

^а Донецкий национальный технический университет (г. Донецк, Россия).

^а <https://orcid.org/0009-0007-3736-8932>

^б <https://orcid.org/0009-0008-3373-8964>

Автор для корреспонденции: Н.С. Крапивкин (nazarkrapivkin@yandex.com).

Аннотация. В статье рассматривается межотраслевой потенциал использования технологий искусственного интеллекта в условиях ускоряющейся цифровой трансформации. На основе анализа международных исследований и отраслевой статистики обобщены ключевые тенденции: устойчивый рост мирового рынка искусственного интеллекта и доминирование машинного обучения, превосходство искусственного интеллекта над традиционной аналитикой в большинстве сценариев применения, расширение использования искусственного интеллекта по бизнес-функциям при неоднородном влиянии на занятость, а также лидерство ряда стран по уровню внедрения. Показано, что машинное обучение, обработка естественного языка и компьютерное зрение образуют переносимое технологическое ядро, позволяющее адаптировать решения между отраслями. Аргументируется целесообразность межотраслевого переноса искусственного интеллекта как инструмента снижения издержек и ускорения внедрения, особенно в контексте требований технологического суверенитета.

Ключевые слова: искусственный интеллект, межотраслевое взаимодействие, цифровая трансформация, технологические решения, инновационный потенциал

¹ © Крапивкин Н. С., Щербина А. Ю. Текст. 2026.

Cross-industry potential of AI applications in the global economy

N. Krapivkin ^a, A. Shcherbina ^b

^a Donetsk national technical university (Donetsk, Russia).

^a <https://orcid.org/0009-0007-3736-8932>

^b <https://orcid.org/0009-0008-3373-8964>

Corresponding author: N. Krapivkin (nazarkrapivkin@yandex.com).

Abstract. *In the article the cross-industry potential for deploying artificial intelligence technologies amid accelerating digital transformation is analyzed. Based on the analysis of international studies and industry statistics, it synthesizes key trends: sustained growth of the global artificial intelligence market and the dominance of machine learning; artificial intelligence's outperformance of traditional analytics across most application scenarios; the expansion of artificial intelligence use across business functions with uneven effects on employment; and the leadership of several countries in terms of adoption. It is shown that machine learning, natural language processing, and computer vision constitute a transferable technological core that enables solutions to be adapted across industries. The article makes the case for cross-industry transfer of artificial intelligence as a means to reduce costs and accelerate implementation, especially in the context of technological sovereignty requirements.*

Keywords: artificial intelligence, cross-industry interaction, digital transformation, technological solutions, innovation potential

Введение

Современный этап развития мировой экономики характеризуется стремительным внедрением технологий искусственного интеллекта практически во все сферы деятельности. Согласно данным McKinsey Global Institute¹, к 2030 г. экономический эффект от применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) может составить до 13 трлн долл. США, что подчеркивает масштабность происходящих изменений. При этом специалисты отмечают, что, несмотря на универсальность базовых принципов машинного обучения, большинство исследований и практических разработок сосредоточены на узкоспециализированных отраслевых решениях. Анализ существующей литературы показывает, что вопросы межотраслевого переноса технологий ИИ

¹ McKinsey & Company (2023). Обещания и вызовы эпохи искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/the-promise-and-challenge-of-the-age-of-artificial-intelligence> (дата обращения: 08.09.2025).

остаются недостаточно изученными. Работы Е. Бринвольссона и А. МакАфи (Brynjolfsson & McAfee, 2017) демонстрируют высокий потенциал цифровой трансформации отдельных отраслей, однако системный анализ возможностей адаптации решений между различными секторами экономики представлен фрагментарно. Исследования А. Агравал, Дж. Ганс и А. Голдфарб (Agrawal et al., 2021) указывают на необходимость пересмотра подходов к внедрению ИИ, что открывает перспективы для более эффективного использования ресурсов компаний.

Особую актуальность данная проблематика приобретает в контексте развития российской экономики, где вопросы технологического суверенитета и оптимизации затрат на цифровую модернизацию стоят особенно остро. При этом в Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года подчеркивается важность формирования комплексного подхода к внедрению ИИ-технологий, однако механизмы межотраслевого взаимодействия в документе проработаны недостаточно детально¹.

Также проведенный предварительный анализ источников показал наличие существенных пробелов в понимании закономерностей межотраслевого применения ИИ-решений, например, отсутствует систематизация подходов к оценке потенциала переноса технологий между отраслями, не выработаны универсальные критерии адаптации алгоритмов под специфику различных секторов экономики. Данное обстоятельство существенно ограничивает возможности компаний по масштабированию успешных практик и повышает риски дублирования исследовательских усилий.

Обозначенная проблематика обуславливает постановку цели исследования: проанализировать существующие практики межотраслевого применения ИИ-технологий и выявить закономерности их успешной адаптации.

Основная часть

Термин «искусственный интеллект» был популяризирован в 1956 г. на конференции в Дартмутском колледже в США, со-

¹ Правительство Российской Федерации (2019, 10 октября). Указ Президента Российской Федерации №490 «О Стратегии развития искусственного интеллекта в Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. <https://ai.gov.ru/national-strategy/> (дата обращения: 08.09.2025).

бравшей исследователей, работающих в самых разных областях — от моделирования языка до машинного обучения¹.

Несмотря на значительные научные достижения в течение последующих шести десятилетий, ИИ долгое время не оправдывал ожиданий, связанных с первоначальным энтузиазмом. Десятилетия были посвящены попыткам точного описания человеческого интеллекта, однако достигнутый прогресс не соответствовал ранее сформированным амбициозным ожиданиям. Начиная с конца 1990-х гг. технологическое развитие ускорилося, особенно в последнем десятилетии. Алгоритмы машинного обучения значительно продвинулись благодаря развитию методов глубокого обучения и обучения с подкреплением, основанных на нейронных сетях².

На значительный прогресс ИИ в последние годы повлияло несколько факторов. Во-первых, экспоненциально увеличились вычислительные мощности, доступные для обучения более крупных и сложных моделей, что стало возможным благодаря инновациям на уровне кремния, использование графических процессоров и тензорных процессоров, а также объединению вычислительных ресурсов в гипермасштабные кластеры, которые всё чаще доступны пользователям через облачные сервисы³.

На рисунке 1 представлена динамика полученного глобального дохода от искусственного интеллекта в период с 2018 по 2025 гг. Видно, что доходы демонстрируют стремительный рост: с 10,1 млрд долл. США в 2018 г. до прогнозируемых 126 млрд долл. США в 2025 г. Такая тенденция отражает ускоряющуюся интеграцию ИИ-технологий в различные отрасли экономики и увеличение инвестиций в разработки и внедрение искусственного интеллекта. Особенно заметен резкий рост после 2021 г., что связано с массовым внедрением автоматизации, облачных платформ и аналитических решений на основе ИИ.

Важно учитывать прогноз динамики мирового рынка искусственного интеллекта на 2023–2032 гг. (рис. 2). Из приведенных данных видно, что рынок демонстрирует значительный рост: с 515,31 млрд долл. США в 2023 г. до 2,74 трлн долл. США к 2032 г. Наибольший абсолютный прирост ожидается в период 2030–2032 гг., что свидетельствует о нарастающей интеграции ИИ в различные отрасли

¹ McKinsey & Company (2023). Обещания и вызовы эпохи искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/the-promise-and-challenge-of-the-age-of-artificial-intelligence> (дата обращения: 08.09.2025).

² Там же.

³ Там же.

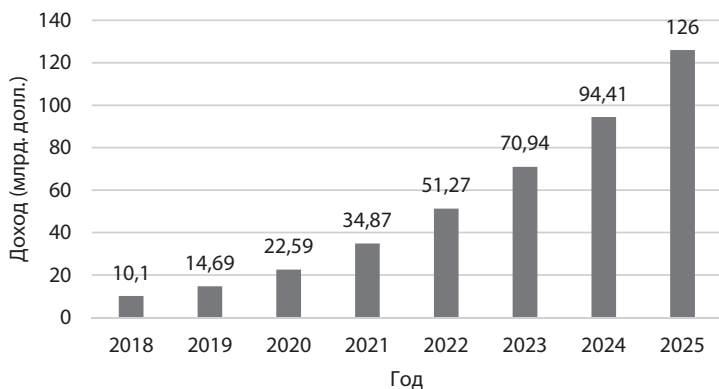


Рис. 1. Доход от ИИ в мире, 2018–2025 гг., млрд долл. США (источник: Howarth, 2025 [Электронный ресурс]. <https://explodingtopics.com/blog/ai-statistics> (дата обращения: 08.09.2025))

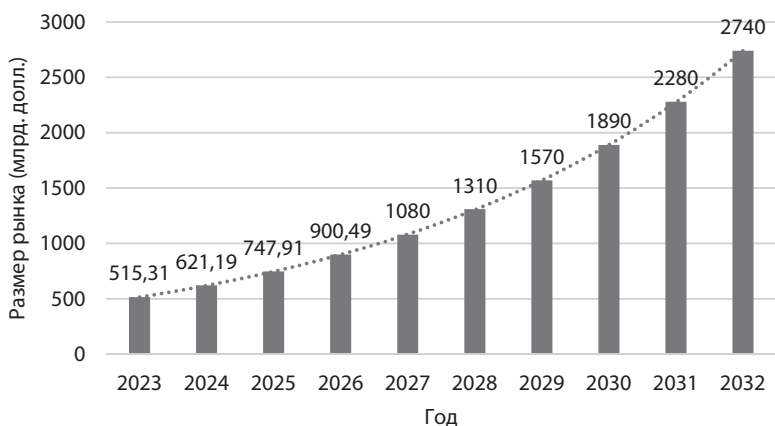


Рис. 2. Прогнозируемый размер рынка ИИ, 2023–2032 гг., млрд долл. США (источник: Howarth, 2025 [Электронный ресурс]. <https://explodingtopics.com/blog/ai-market-size-stats> (дата обращения: 08.09.2025))

экономики и ускорении внедрения технологий. Такие темпы роста ещё раз подчеркивают стратегическую значимость ИИ для глобальной экономики и инвестиционного планирования.

Также стоит отметить, что проведенный анализ более чем 400 сценариев применения ИИ в 19 отраслях и девяти бизнес-функциях показал, что ИИ превзошёл традиционные методы аналитики в 69 % потенциальных случаев применения (рис. 3). Лишь в 16 % случаев применения ИИ были выявлены так называемые решения «с нуля», используемые там, где другие методы аналитики оказа-



Рис. 3. Потенциальная добавочная ценность искусственного интеллекта в различных отраслях по сравнению с традиционными аналитическими методами, % (источник: McKinsey & Company, 2023 [Электронный ресурс]. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/the-promise-and-challenge-of-the-age-of-artificial-intelligence> (дата обращения: 08.09.2025))

лись неэффективны. Исследование выявило, что методы глубокого обучения, основанные на искусственных нейронных сетях, потенциально могут создавать до 40 % от совокупной ценности, которую способны обеспечить все аналитические методы к 2030 г. Кроме того, технологии глубокого обучения могут приносить до 6 трлн долл. США дополнительной стоимости ежегодно.

Анализ экспертных прогнозов воздействия технологий генеративного искусственного интеллекта на организационную структуру предприятий выявил неоднородность ожидаемых трансформаций персонала по бизнес-функциям. Максимальная вероятность оптимизации численности сотрудников отмечается в процессах клиентского обслуживания, полевых работ и управления логистическими операциями (рис. 4). В сфере информационно-технологической деятельности и продуктовых инноваций доминируют прогнозы расширения кадрового потенциала, а для подразделений маркетинга, продаж и стратегического управления характерны ожидания сохранения текущих параметров штатной структуры.

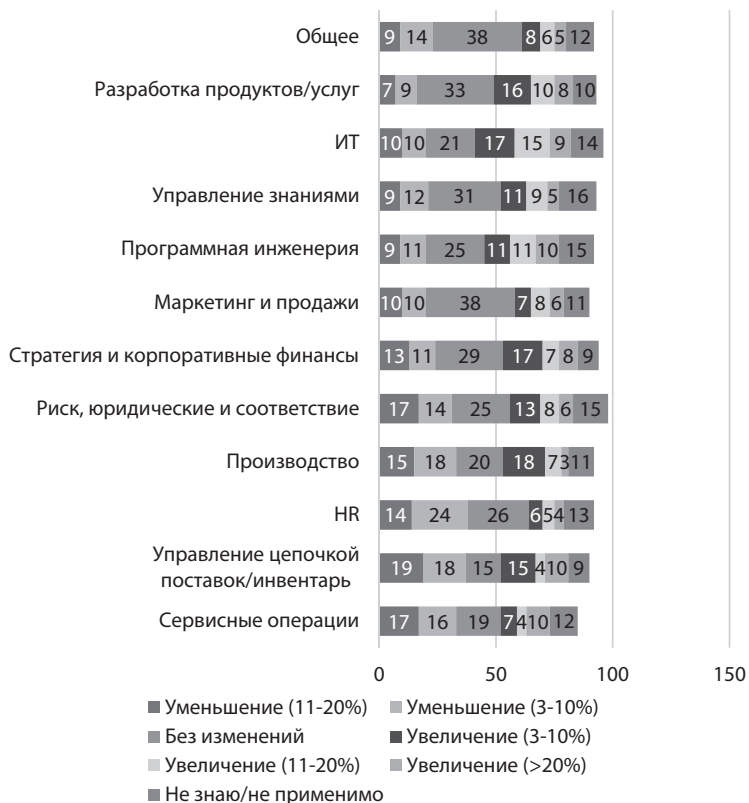


Рис. 4. Популярные сферы ИИ, % (источник: McKinsey & Company, 2025 [Электронный ресурс]. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai> (дата обращения: 08.09.2025))

Несмотря на достигнутый прогресс, остаются сложные задачи, требующие дальнейших научных прорывов, т. к. большинство текущих успехов связано с так называемым «узким ИИ», т. е. алгоритмами машинного обучения, решающими конкретные задачи, например, в области обработки естественного языка. Более сложные проблемы относятся к области «искусственного общего интеллекта», цель которого — создать системы, способные решать общие задачи аналогично человеку. Многие эксперты считают, что это возможно лишь через несколько десятилетий¹.

¹ McKinsey & Company (2023). Обещания и вызовы эпохи искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/the-promise-and-challenge-of-the-age-of-artificial-intelligence> (дата обращения: 08.09.2025).

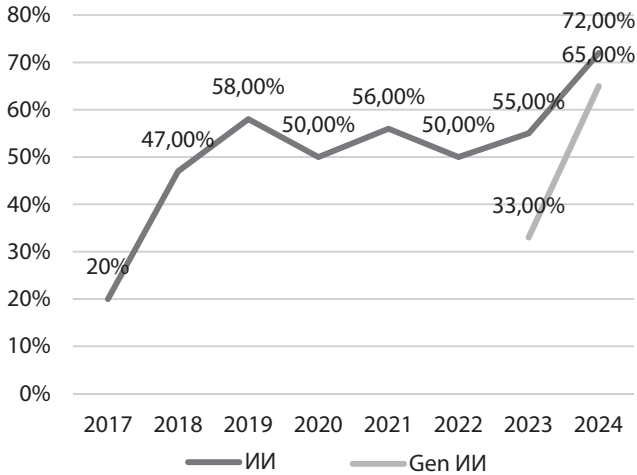


Рис. 5. Организации, использующие ИИ хотя бы в одной бизнес-функции, в % от опрошенных респондентов (источник: McKinsey & Company, 2025 [Электронный ресурс]. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai> (дата обращения: 08.09.2025))

Ещё одна тенденция, которая стала очевидной с 2017 г., заключается в том, что организации используют ИИ в большем количестве бизнес-функций, чем в предыдущем исследовании состояния ИИ. Впервые большинство опрошенных респондентов сообщили о применении ИИ более чем в одной бизнес-функции (рис. 5). Статистика показывает, что организации в среднем используют ИИ в трех бизнес-функциях — это больше по сравнению с началом 2024 г., но всё еще меньшинство от общего числа функций.

Данные тенденции оказывают значительное влияние на процессы цифровизации, стимулируя компании ускорять трансформацию и интеграцию интеллектуальных решений. Усиление роли ИИ в оптимизации операций и повышении эффективности бизнеса делает его внедрение неотъемлемой частью стратегического развития организаций. При этом интерес к ИИ варьируется в зависимости от региона, и некоторые страны демонстрируют особенно высокие темпы адаптации технологий (рис. 6).

Страны, наиболее активно использующие ИИ, — это США, Китай, Сингапур, Великобритания, Франция, Южная Корея, Германия, Канада, Израиль и Индия. США и Китай занимают доминирующие позиции, что связано с их мощной технологической инфраструктурой и значительными инвестициями в исследования и разработки. Син-

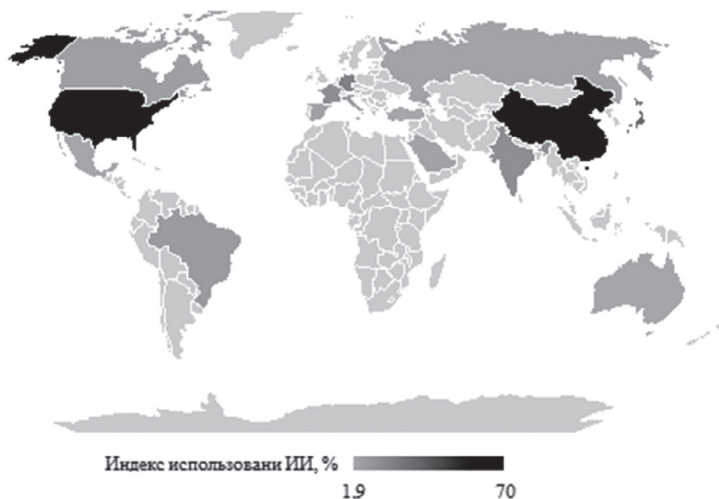


Рис. 6. Индекс использования ИИ по странам на 2025 г. (источник: Tortoise Media, 2024 [Электронный ресурс]. <https://www.tortoisemedia.com/data/global-ai> (дата обращения: 08.09.2025))

гапур выделяется как лидер среди небольших государств благодаря своей инновационной политике и высокой плотности технологических компаний. Великобритания, Франция, Южная Корея и Германия демонстрируют сильные позиции в Европе и Азии, опираясь на развитую промышленность и высокий уровень академических исследований. Канада и Израиль известны своим вкладом в области ИИ благодаря поддержке стартапов и научных центров, тогда как Индия привлекает внимание благодаря растущему рынку и талантливым специалистам. Все эти страны формируют ядро глобального развития ИИ, влияя на экономику, науку и технологии в 2025 г.

Главная тенденция, наблюдаемая в настоящем периоде, — это резкий взлет обработки естественного языка, которая с 2022 г. стала самым быстрорастущим сегментом благодаря технологии ChatGPT, GPT-4 и аналогичным системам. Данный сегмент увеличится с 39,5 млрд долл. США в 2024 г. до 280,8 млрд долл. США в 2031 г. Компьютерное зрение занимает стабильную третью позицию (230,4 млрд долл. США), а ИИ-робототехника отстает (257 млрд долл. США), что показывает, как программные решения развиваются быстрее физических роботов. Основным драйвером роста при этом остается корпоративное внедрение ИИ для автоматизации рутинных задач и принятия решений.

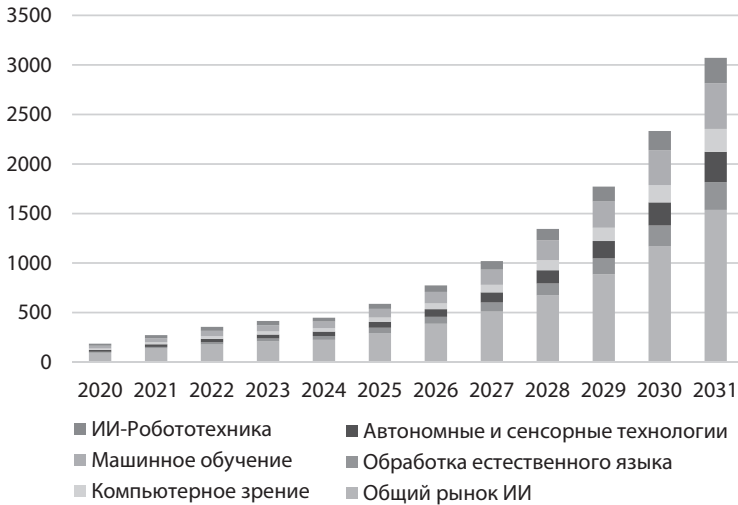


Рис. 7. Размер рынка искусственного интеллекта, в млрд долл. США (источник: Grand View Research, 2025 [Электронный ресурс]. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market> (дата обращения: 08.09.2025))

Исследование демонстрирует значительное преобладание машинного обучения в структуре рынка искусственного интеллекта. Данный сегмент составляет около 30 % от общего объема рынка и прогнозируется как крупнейший до 2031 г. (460,8 млрд долл. США). Такое положение объясняется тем, что машинное обучение является основой большинства современных ИИ-систем от рекомендательных алгоритмов до систем автономного управления (рис. 7). Второе место занимают автономные и сенсорные технологии с прогнозируемым объемом 307,2 млрд долл. США к 2031 г., включающие беспилотные системы, интеллектуальные датчики и решения для автоматизации производства.

Массивные объемы данных, которые сейчас генерируются и доступны для обучения алгоритмов ИИ, существенно ускоряют развитие технологий. Часть достижений в ИИ стала результатом системных инноваций, примером могут служить автономные транспортные средства, которые используют сенсоры, LIDAR, машинное зрение, картографию, спутниковые технологии, алгоритмы навигации и робототехнику, объединенные в интегрированные системы¹.

¹ McKinsey & Company (2023). Обещания и вызовы эпохи искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/the-promise-and-challenge-of-the-age-of-artificial-intelligence> (дата обращения: 08.09.2025).

Специалистами отмечается, что организации, осуществляющие своевременную интеграцию технологий ИИ, демонстрируют значительные конкурентные преимущества. Применение ИИ обеспечивает оптимизацию операционных процессов, снижение издержек и повышение эффективности принятия управленческих решений, а автоматизация рутинных операций и внедрение систем интеллектуального анализа данных создают возможности для персонализации услуг, совершенствования клиентского сервиса и сокращения времени вывода продукции на рынок. Таким образом, становится очевидным, что в условиях интенсивной цифровой трансформации бизнеса отсутствие внедрения ИИ-технологий может привести к утрате конкурентных позиций и снижению инвестиционной привлекательности предприятий.

Исследование выявило, что в сфере искусственного интеллекта существуют разнообразные экономические модели, применимые к различным экономическим отраслям. Анализ показал, что машинное обучение, обработка естественного языка и компьютерное зрение составляют основу для адаптации технологических решений в различных секторах как мировой, так и национальной экономик.

Прогнозируется устойчивый рост глобального рынка ИИ с 93,5 млрд долл. США в 2020 г. до прогнозируемых 1,34 трлн долл. США к 2031 г. Доминирование машинного обучения (около 30 % рынка) и ускоренное развитие генеративных технологий указывают на формирование нового экономического уклада, в котором программные решения играют определяющую роль.

Заключение

Выявленная тенденция применения ИИ в различных отраслях экономики свидетельствует о возможности создания инновационных подходов к цифровой трансформации всех её секторов. Межотраслевой перенос технологических решений позволяет снизить издержки внедрения и сократить временные затраты на адаптацию ИИ-систем.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку универсальных методологий оценки потенциала адаптации технологий между отраслями.

Список источников

Agrawal, A. K., Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2021). *Внедрение ИИ и системные изменения (Рабочая статья №28811)*. Национальное бюро экономических исследований. <http://www.nber.org/papers/w28811> (дата обращения: 08.09.2025) (In Eng.)

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017, 18 июля). *Бизнес искусственного интеллекта: что он может — и чего не может — сделать для вашей организации*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2017/07/the-business-of-artificial-intelligence> (дата обращения: 08.09.2025) (In Eng.)

Howarth, J. (2025, 15 августа). 50 новых статистических данных об искусственном интеллекте. Exploding Topics. <https://explodingtopics.com/blog/ai-statistics> (дата обращения: 08.09.2025) (In Eng.)

Exploding Topics. (2024, 10 октября). *Статистика объема рынка ИИ (2025–2032)*. <https://explodingtopics.com/blog/ai-market-size-stats> (дата обращения: 08.09.2025) (In Eng.)

Grand View Research. (2025). *Размер и доля рынка искусственного интеллекта | Отчет по отрасли, 2030*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market> (дата обращения: 08.09.2025) (In Eng.)

Fortune Business Insights. (б.д.). *Размер, доля и анализ роста рынка искусственного интеллекта, 2030*. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/artificial-intelligence-market-100114> (дата обращения: 08.09.2025) (In Eng.)

SEMrush. (2025). *Статистика искусственного интеллекта*. <https://www.semrush.com/blog/artificial-intelligence-stats/> (дата обращения: 08.09.2025) (In Eng.)

Tortoise Media. (2024, 19 сентября). *Глобальный индекс ИИ: сравнительный анализ стран по инвестициям, инновациям и внедрению ИИ*. <https://www.tortoisemedia.com/data/global-ai> (дата обращения: 08.09.2025) (In Eng.)

References

Agrawal, A. K., Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2021). *AI adoption and system-wide change (Working Paper No. 28811)*. National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w28811> (Accessed: 08.09.2025).

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017, July 18). *The business of artificial intelligence: What it can — and cannot — do for your organization*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2017/07/the-business-of-artificial-intelligence> (Accessed: 08.09.2025).

Howarth, J. (2025, August 15). 50 new artificial intelligence statistics. Exploding Topics. <https://explodingtopics.com/blog/ai-statistics> (Accessed: 08.09.2025).

Exploding Topics. (2024, October 10). *AI Market Size Statistics (2025–2032)*. <https://explodingtopics.com/blog/ai-market-size-stats> (Accessed: 08.09.2025).

Grand View Research (2025). (n.d.). *Artificial Intelligence Market Size, Share | Industry Report, 2030*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market> (Accessed: 08.09.2025).

Fortune Business Insights. (n.d.). *Artificial Intelligence Market Size, Share & Growth Analysis, 2030*. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/artificial-intelligence-market-100114> (Accessed: 08.09.2025).

SEMrush. (2025). *Artificial Intelligence Statistics*. <https://www.semrush.com/blog/artificial-intelligence-stats/> (Accessed: 08.09.2025).

McKinsey & Company. (2025). *The state of AI: Global survey*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai> (Accessed: 08.09.2025).

Tortoise Media. (2024, September 19). *The Global AI Index: Benchmarking nations on AI investment, innovation and implementation*. <https://www.tortoisemedia.com/data/global-ai> (Accessed: 08.09.2025).

Сведения об авторах

Крапивкин Назар Сергеевич — студент, ФГБОУ ВО Донецкий национальный технический университет; <https://orcid.org/0009-0007-3736-8932> (Российская Федерация, ДНР, г. Донецк, ул. Речная, д. 36; e-mail: nazarkrapivkin@mail.ru).

Щербина Алла Юрьевна — к.э.н., доцент кафедры международной экономики и маркетинга, ФГБОУ ВО Донецкий национальный технический университет, ст. научный сотрудник отдела государственного регулирования и планирования экономики, ГБУ Институт экономических исследований; <https://orcid.org/0009-0008-3373-8964> (Российская Федерация, ДНР, г. Донецк, ул. Артема, д. 58; e-mail: alla.sherbina.2014@mail.ru).

Nazar S. Krapivkin –Bachelor’s student, Donetsk National Technical University; <https://orcid.org/0009-0007-3736-8932> (36, Rechnaya Str., Donetsk, DPR, Russian Federation, e-mail: nazarkrapivkin@mail.ru).

Alla Yu. Shcherbina — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of International Economics and Marketing, Donetsk National Technical University, Senior Researcher at the Department of State Regulation and Economic Planning, State Budgetary Institution “Institute of Economic Research”; <https://orcid.org/0009-0008-3373-8964> (58, Artyoma Str., Donetsk, DPR, Russian Federation, e-mail: alla.sherbina.2014@mail.ru).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 338.2

JEL classification: O3, O4, L5

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-10>

Сравнительный анализ цифровой трансформации промышленности Китая и России в условиях Индустрии 5.0¹

Чэнь Лэйфэй

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(г. Санкт-Петербург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0002-5377-2798>

Автор для корреспонденции: Чэнь Лэйфэй (chenleifei@yandex.ru).

Аннотация. На основе «гуманистической, устойчивой и жизнестойкой» парадигмы Индустрии 5.0 в данной статье проведен всесторонний сравнительный анализ цифровой трансформации промышленности Китая и России с 2015 по 2024 годы. Путем интеграции семи ключевых показателей построена оценочная структура «Вложения-Способности-Выход», использована стандартизация Min-Max для формирования индекса потенциала цифровой трансформации (D-TPI). Исследования показывают, что Китай впереди по большинству показателей, демонстрируя эффективную передачу по модели «Вложения-Способности-Выход». В то же время в России, несмотря на более высокую плотность научно-исследовательских кадров, существуют ограничения, связанные с недостаточностью финансирования и низким уровнем проникновения автоматизации, что приводит к разрыву между «Научно-исследовательскими работами» и «Производством». В рамках Индустрии 5.0 Китая и России необходимо повысить устойчивость к трансформациям за счет совместных инновационных платформ, взаимного признания стандартов и сотрудничества в области цифровых цепочек поставок. Это исследование обеспечивает количественную основу для разработки рекомендаций по развитию, необходимо использовать микроданные для проверки причинно-следственного механизма в будущем.

Ключевые слова: Индустрия 5.0, цифровая трансформация, сравнительный анализ, инвестиции в НИОКР, промышленные роботы, инновации

¹ © Чэнь Лэйфэй. Текст. 2026.

A Comparative Analysis of the Digital Transformation of Chinese and Russian Industries in the Context of Industry 5.0

Chen Leifei

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-5377-2798>

Corresponding author: Chen Leifei(chenleifei@yandex.ru).

Abstract. *Based on the “humanistic, sustainable, and resilient” paradigm of Industry 5.0, this paper conducts a comprehensive comparative analysis of the digital transformation of China and Russia’s industries from 2015 to 2024. By integrating seven key indicators, an “Input-Capability-Output” assessment framework is constructed, and Min-Max standardization is used to generate the Digital Transformation Potential Index (D-TPI). Research shows that China is significantly ahead on most indicators, demonstrating effective transfer of the “Input-Capability-Output” model. Meanwhile, despite a higher density of R&D talent in Russia, there are limitations related to insufficient funding and low automation penetration, leading to a gap between “R&D and Manufacturing.” Under Industry 5.0, China and Russia need to enhance resilience to transformation through joint innovation platforms, mutual recognition of standards, and cooperation in digital supply chains. This study provides a quantitative basis for developing development recommendations and microdata should be used to test the causal mechanism in the future.*

Keywords: industry 5.0; digital transformation; comparative analysis of China and Russia; R&D investments; industrial robots; innovative conclusion.

Введение

Цифровая трансформация промышленности является основной движущей силой конкурентоспособности современной экономики (Saniuk et al., 2024), а развитие парадигмы Индустрии 5.0 расширило цель трансформации с простого повышения эффективности до тройной системы ценностей «гуманистическая-устойчивая-жизнестойкая» (Бабкин и др., 2024). Китай и Россия, являясь важными мировыми экономиками, имеют значительно разные пути трансформации, что представляет собой ценный объект для сравнения: Китай, продолжая увеличивать инвестиции в НИОКР через такие стратегии, как «Made in China 2025», стал второй по величине страной по объему инвестиций в НИОКР в мире (Sang et al., 2025). Россия, в свою очередь, акцентирует внимание на «цифровом суверенитете» и национальной технологической экосистеме, но сталкивается с ограничениями по финансированию и узкими местами в индустриализации (Jelinek, 2023).

Существующие исследования часто сосредоточены на одном измерении или анализе отдельных стран, что приводит к дефициту количественного сравнения на основе единой рамки. Настоящее исследование заполняет этот пробел, интегрируя данные за период с 2015 по 2024 гг. и создавая оценочную структуру «Вложения-Способности-Выход», с целью выявить механизмы различий в трансформации Китая и России и предоставить рекомендации для совместного развития в эпоху Индустрии 5.0.

Обзор литературы и исследовательские гипотезы

В исследованиях Индустрии 5.0 особое внимание уделяется совместным инновациям «согласованной инновации человека, машины и окружающей среды» (Sharma et al., 2025), и при реализации политики необходимо учитывать инновационные вложения, производственные возможности, внешнюю структуру и институциональную среду (Sang & Hung, 2024). Доказано, что субсидии китайского правительства на НИОКР эффективно стимулируют технологическую модернизацию и экономический рост, но могут частично вытеснить частные инвестиции (Boeing et al., 2022). Россия сталкивается с риском технологической зависимости из-за отставания в развитии цифровой инфраструктуры и индустриализации (Smorodinskaya & Katukov, 2024). В области автоматизации плотность промышленных роботов является ключевым показателем для оценки производственных возможностей (Guo & Su, 2023), в то время как патенты РСТ и экспорт высокотехнологичных товаров отражают уровень коммерциализации инноваций (Duan et al., 2023).

Исходя из этого, мы выдвигаем две исследовательские гипотезы:

— Н1 (Гипотеза посредничества возможностей): влияние вложений (интенсивность НИОКР, плотность работников) на результаты (патенты / экспорт) реализуется через возможности (плотность роботов, широкополосный доступ к сети Интернет).

Теоретическая основа: теория нового роста подчеркивает эндогенность технического прогресса. Ромер отметил, что инвестиции в НИОКР через накопление знаний способствуют улучшению инновационных способностей (Zhao, 2025).

— Н2 (Гипотеза институциональных ограничений): институциональные барьеры (такие как недостаток финансирования, отсутствие стандартов) могут привести к тому, что высокая плотность высококвалифицированных исследовательских кадров не осуществляет автоматизацию и улучшение внешней торговли.

Теоретическая основа: теория национальных инновационных систем утверждает, что инновации зависят не только от вложений, но и от институциональных механизмов, организационных связей и политической среды (Metaiche, 2024).

Материалы и методы

Данные для исследования были получены из международных организаций, таких как Всемирный банк, Международная федерация робототехники (IFR), Всемирная организация интеллектуальной собственности (WIPO) и другие (2015–2024 гг.), что обеспечивает их сопоставимость. Семь ключевых показателей включают:

– размер вложений: интенсивность расходов на НИОКР (% от ВВП), плотность исследовательских кадров (на миллион человек);

– возможности: плотность промышленных роботов (на 10000 сотрудников), количество пользователей фиксированного широкополосного Интернета;

– результаты: доля экспорта ИКТ-продуктов, доля экспорта высокотехнологичной продукции, количество заявок на патенты РСТ. Институциональный контекст учитывает Индекс развития электронного правительства (EGDI) ООН и Индекс логистической эффективности Всемирного банка (LPI), однако эти данные не участвуют в синтезе индекса.

Для шести показателей (без учета институциональных) применяется стандартизация *Min-Max* с равным весом для каждого показателя, для расчета ежегодного индекса потенциала цифровой трансформации (*D-TPI*) (1):

$$D - TPI_t = \sum_{k=1}^K \frac{\max(x_k) - \min(x_k)}{x_{k,t} - \min(x_k)}, \quad (1)$$

где $D-TPI_t$ — индекс потенциала цифровой трансформации; K — количество показателей ($K = 6$); x_k — значение k -го показателя; x_{min} — минимальное значение показателя; x_{max} — максимальное значение показателя.

Для проверки гипотез H1 и H2 проводится двухэтапное разложение.

Этап А (Вложения → Возможности): рассчитывается эластичность показателей возможностей относительно показателей вложений (2):

$$\varepsilon_{C/I} = \frac{\Delta C}{\Delta I}, \quad (2)$$

где ε_{CI} — коэффициент эластичности способностей относительно вложений; ΔC — изменение показателей способностей; ΔI — изменение показателей вложений.

Этап В (Возможности → Результаты): рассчитывается эластичность показателей результатов относительно показателей возможностей (3):

$$\varepsilon_{O/C} = \frac{\Delta O}{\Delta C}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{O/C}$ — коэффициент эластичности результатов относительно способностей; ΔO — изменение показателей результатов; ΔC — изменение показателей способностей.

Одновременно рассчитывается коэффициент корреляции Пирсона между интенсивностью НИОКР и плотностью роботов для оценки системной согласованности.

Результаты

Сравнение показателей и динамические тенденции.

Ключевые показатели 2024 г. показывают значительные различия между Китаем и Россией в области цифровой трансформации, при этом структура этих различий имеет явно выраженные асимметричные особенности. Разрыв на стороне вложений относительно умеренный, в то время как разрыв на стороне результатов крайне велик, что выявляет фундаментальные различия в эффективности трансформации между двумя странами (рис. 1).

Интенсивность НИОКР в Китае составляет 2,68 % (близка к уровню ОЭСР), в России — 0,94 % (снижение с 1,05 % в 2015 г.), разрыв составляет 2,85 раза.

По плотности исследовательских кадров Россия (2,684 на млн) превосходит Китай (1,849 на млн), что отражает наследие советской научной системы, однако эти кадры трудно преобразовать в коммерческую ценность — типичный разрыв между «научными исследованиями» и «производством».

Что касается показателей, отражающих производственные возможности, разрыв между Китаем и Россией значительно увеличился. Разрыв в плотности промышленных роботов между Китаем и Россией составляет 16,2 раза. Китай достиг этого благодаря сильной поддержке таких политик, как «Made in China 2025», а также благодаря огромному масштабу производства, который создает спрос на роботов. Хотя в России также наблюдается рост в этой области, роботы в основном завозятся из-за рубежа, а местная производственная цепочка остается слабой.

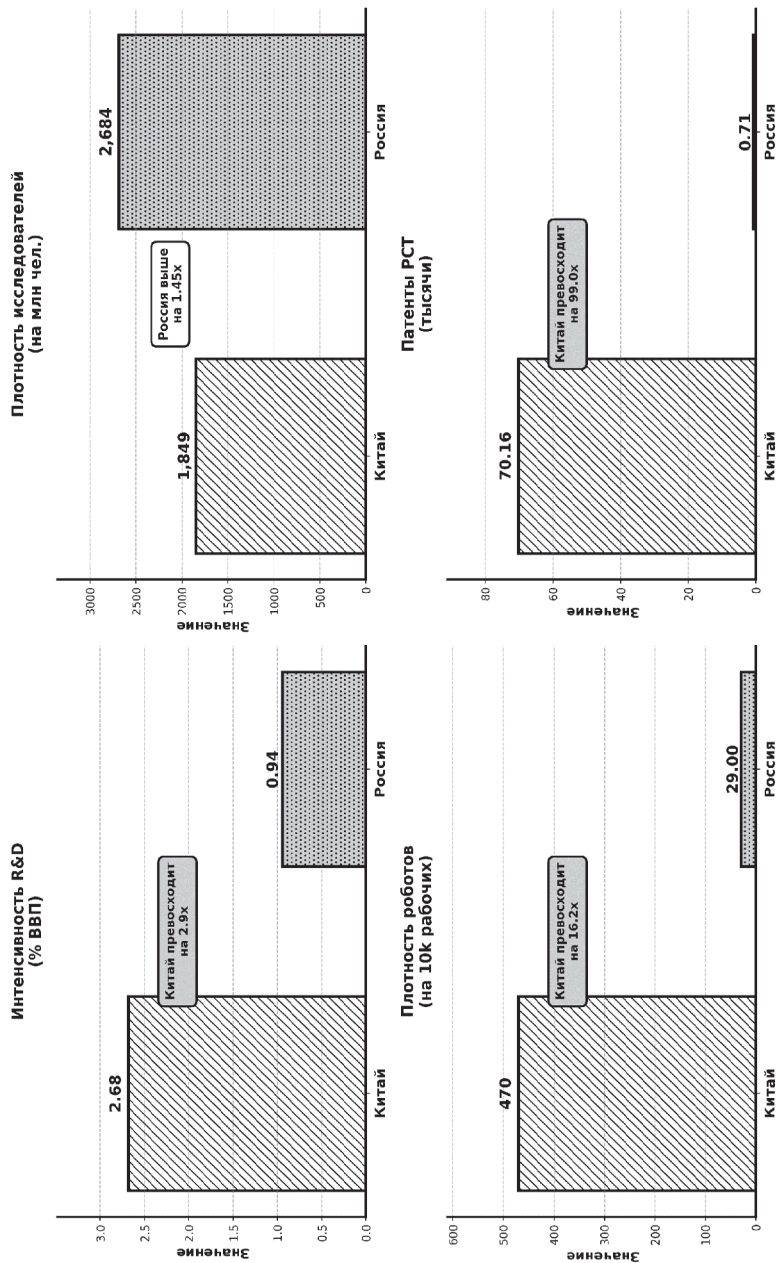


Рис. 1. Сравнение ключевых показателей Китая и России за 2024 г. (источник: сост. автором по данным Всемирного банка, IFR, WIPO (2015–2024))

В области распространения фиксированного широкополосного Интернета разрыв между Китаем и Россией составляет 1,55 раза. Благодаря стратегии «Широкополосный интернет для Китая» Китай стал мировым лидером по покрытию оптоволоконными сетями, что создало прочную инфраструктурную основу для развития цифровой экономики.

В области инновационных результатов и внешней торговой конкурентоспособности разрыв между Китаем и Россией достиг ошеломляющих уровней. Разрыв в количестве международных патентов РСТ является наиболее значительным: разница между Китаем и Россией составляет почти 99 раз. Это не только отражает разрыв в количестве инновационных результатов, но и выявляет фундаментальные различия в качестве инноваций и способности к международной интеграции.

Разрыв в доле экспорта ИКТ-продуктов составляет 13 раз, высокотехнологичной продукции — 2,9 раза. Российский экспорт высоких технологий сосредоточен в военно-промышленном комплексе и космонавтике, а структура внешней торговли остается зависимой от энергоресурсов.

Комплексный анализ позволяет выделить три основные особенности. Во-первых, между Китаем и Россией наблюдается структура «среднего разрыва на стороне вложений (2–3 раза) и огромного разрыва на стороне результатов (10–99 раз)», что указывает на серьезную проблему низкой отдачи от вложений в России, а также на необходимость повышения эффективности распределения ресурсов. Во-вторых, разрыв в способности (около 15 раз) стал ключевым узким местом между вложениями и результатами. Плотность роботов как основной показатель производственной автоматизации и цифровой трансформации, серьезное отставание России в этой области напрямую ограничивают повышение инновационных результатов и конкурентоспособности промышленности. В-третьих, показатель плотности исследовательских кадров, который является единственным преимуществом России, не привел к соответствующим достижениям в области технических возможностей и инновационных результатов. Разрыв между кадровым преимуществом и реальностью промышленности подтверждает гипотезу о разрыве между «научными исследованиями» и «производством», выдвинутую в данной статье, что выявляет ключевое ограничение, которое в цифровой трансформации играют институциональные барьеры.

Динамические тенденции и ускорение диверсификации (2015–2024 гг.)

Динамический анализ выявил основные различия в траекториях трансформации двух стран: Китай демонстрирует ускоренный рост в рамках системной согласованности, в то время как Россия попала в порочный круг структурных разрывов.

Китай с 2015 по 2024 гг. показал синхронный быстрый рост всех ключевых показателей, формируя благоприятный цикл «Вложения ↑ → Возможности ↑ → Результаты ↑». Интенсивность НИОКР росла со среднегодовым темпом 2,72 %, плотность роботов — на 29,29 % в год, что ставит Китай в число мировых лидеров по автоматизации. В то же время количество заявок на патенты РСТ демонстрировало стабильный рост на уровне 10,63 % в год, что отражает устойчивое улучшение инновационного потенциала и расширение международного присутствия. Доля экспорта высокотехнологичных продуктов также увеличивалась на 3,8 % в год, что говорит о продолжающейся оптимизации структуры промышленности. Эта синхронная динамика роста по нескольким показателям указывает на то, что цифровая трансформация Китая не зависит от одного элемента, а является системным процессом, в котором политика, вложения, развитие возможностей и улучшение результатов взаимно способствуют друг другу (рис. 2).

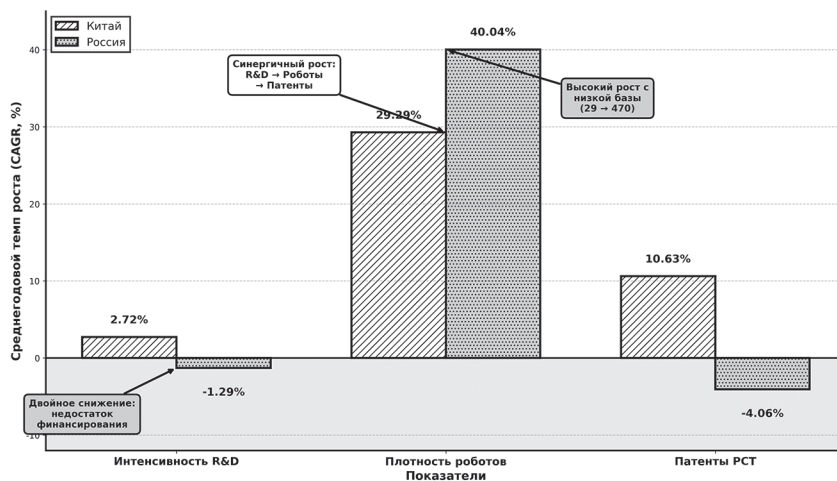


Рис. 2. Сравнение темпов роста (CAGR) Китая и России (источник: сост. автором по данным Всемирного банка, IFR, WIPO (2015–2024))

В тот же период Россия демонстрирует противоречивую комбинацию «Вложения ↓ + Возможности ↑ + Результаты ↓», что указывает на глубокие структурные проблемы. Интенсивность НИОКР снижалась на 1,29 % в год, что подчеркивает трудности России в области технологических вложений в условиях санкционного давления. Количество заявок на патенты РСТ сокращалось на 4,06 % в год, а доля экспорта высокотехнологичной продукции снижалась на 0,8 % в год, свидетельствуя о продолжающемся ослаблении промышленной конкурентоспособности. Плотность роботов увеличивалась на 40,04 % в год, с 7 роботов на 10000 чел. до 29 роботов на 10000 чел. Это противоречивое явление, на первый взгляд, выявляет основную проблему цифровой трансформации России: разрыв между «научными исследованиями» и «производством» приводит к снижению вложений в НИОКР, увеличению импорта роботов и сокращению инновационных результатов, что является проявлением институциональных барьеров, которые способствуют неэффективному распределению ресурсов.

Несмотря на более высокий темп роста плотности роботов в России (40,04 % против 29,29 %), абсолютное увеличение в Китае (434 робота/10 тыс.) в 19,7 раза превышает российское (22 робота/10 тыс.).

Далее период с 2015 по 2024 гг. можно разделить на два этапа для анализа. 2015–2019 гг. рассмотрим как «период стабильной диверсификации», когда разрыв между Китаем и Россией увеличивался, но с относительно медленным темпом, и Россия всё еще могла поддерживать определенный уровень вложений в НИОКР и патентных результатов. Однако с 2020 по 2024 гг. наступил «период стремительной диверсификации», когда разрыв значительно ускорился, что было вызвано тремя основными факторами. Во-первых, это различное воздействие пандемии COVID-19, во-вторых, значительное усиление санкционного давления. И, наконец, это контраст в усилиях политических мер. Совокупность этих трех факторов привела к ускоренному расширению разрыва в цифровой трансформации между Китаем и Россией после 2020 г.

D-TPI индекс и структурный анализ

Основываясь на шести ключевых показателях с использованием стандартизации Min-Max, индекс потенциала цифровой трансформации Китая (*D-TPI*) с 0,35 в 2015 г. продолжал расти до 0,84 в 2024 г., увеличившись на 140 % за десять лет. В то время как Россия увеличила свой индекс с 0,28 до 0,36, что составляет рост на 29 %.

Эволюция индекса *D-TPI* Китая имеет явные фазовые особенности: период стабильного роста 2015–2019 гг. (0,03–0,04 единицы еже-

годно) и фаза ускорения после 2020 г. (0,05–0,07 единиц). В период с 2020 по 2024 гг. среднегодовой темп роста увеличился до 0,05–0,07 единиц, достигнув в конечном итоге 0,84. Этот рост полностью совпал с активной реализацией таких стратегий, как «14-я пятилетка», новая инфраструктура и коммерциализация 5G.

В отличие от этого, Россия на протяжении всего десятилетнего периода демонстрировала медленный рост. С 2015 по 2019 гг. индекс увеличился с 0,28 до 0,31, в период с 2020 по 2022 гг. — до 0,34, а после начала специальной военной операции в 2022 г. рост почти остановился. Эта эволюция отражает серьезные препятствия для цифровой трансформации России в условиях санкций.

Используя метод разложения Шапли, можно количественно оценить вклад различных факторов в рост $D-TPI$, что помогает выявить основные двигатели роста. За десятилетний период индекс $D-TPI$ Китая увеличился на 0,49 единиц, из которых:

- вклад способности (плотность роботов + распространение широкополосного интернета) составляет 45 %;
- вклад результатов (патенты + экспорт ИКТ + экспорт высоких технологий) составляет 42 %;
- вклад ресурсов (интенсивность НИОКР) составляет 13 %.

Эта структура вклада показывает, что основным двигателем цифровой трансформации Китая являются взаимное стимулирование повышения способностей и улучшения результатов, а не просто увеличение затрат на ресурсы. Способности и результаты образуют эффективный положительный обратный механизм.

В то время как в России индекс $D-TPI$ увеличился всего на 0,08 единиц, где:

- вклад способности составляет более 60 %;
- вклады ресурсов и результатов оказываются отрицательными или близкими к нулю.

Это означает, что снижение расходов на НИОКР и упадок инновационного производства не смогли стимулировать цифровую трансформацию в России.

Структурное разложение и проверка гипотез

Анализ структурного разложения показывает, что в Китае была реализована эффективная цепочка передачи «вложения → способности → результат», при этом коэффициенты эластичности на обоих этапах имеют значительно положительные значения (рис. 3.).

На этапе А (вложения → способности) коэффициент эластичности интенсивности НИОКР относительно плотности роботов составил 1,48 ($t = 5,3, p < 0,01$), что свидетельствует о том, что при увеличе-

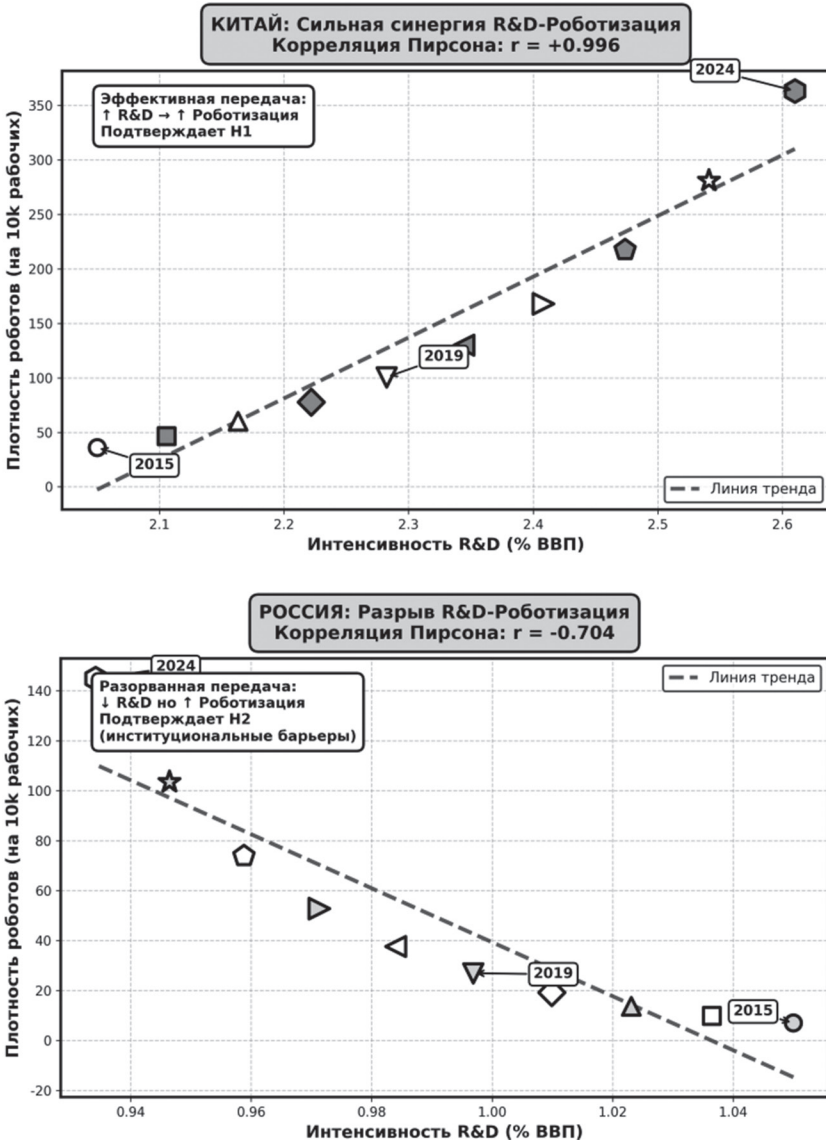


Рис. 3. Сравнение плотности роботов и интенсивности НИОКР в Китае и России (2015–2024 гг.) (источник: сост. автором по данным Всемирного банка, IFR, WIPO (2015–2024))

нии интенсивности НИОКР на 1 % плотность роботов увеличивается на 1,48 %, демонстрируя сверхпропорциональную реакцию. Этот высокий коэффициент эластичности обусловлен прорывными достижениями в области ключевых технологий роботов, которые не только повысили технический уровень отечественных роботов, но и значительно снизили затраты на их использование, что стимулировало массовое принятие роботов в производственных предприятиях.

На этапе В (способности → результат) коэффициент эластичности плотности роботов относительно патентов РСТ составил 1,22 ($t = 6,7, p < 0,01$), что выявляет положительную цикличность между автоматизацией и инновациями: после повышения уровня автоматизации предприятия увеличивают производительность, снижают затраты и могут инвестировать больше ресурсов в НИОКР, в то время как само использование роботов способствует техническим улучшениям и производству патентов.

Что более важно, коэффициент корреляции между интенсивностью НИОКР и плотностью роботов достиг 0,996 ($p < 0,001$), что приближается к идеальной положительной корреляции и подтверждает высокую синхронность и координацию между вложениями в НИОКР и процессом автоматизации в Китае. В совокупности анализ двух этапов подтверждает гипотезу H1 (гипотеза о посредничестве способностей): вложения эффективно преобразуются в результаты через способности, создавая высокоэффективную цепочку передачи.

В отличие от Китая, в России оба этапа передачи оказались неэффективными, коэффициенты эластичности незначительны.

На этапе А (вложения → способности) коэффициент эластичности интенсивности НИОКР относительно плотности роботов составил $-0,35$ ($t = -1,2, p = 0,28$, незначительно), что свидетельствует о полном разрыве между сокращением инвестиций в НИОКР и ростом плотности роботов: инвестиции в НИОКР уменьшаются, но количество роботов растет, поскольку роботы в основном импортируются, а не производятся самостоятельно.

На этапе В (способности → результат) коэффициент эластичности плотности роботов относительно патентов РСТ составил $-0,18$ ($t = -0,6, p = 0,57$, незначительно), и это отрицательное значение показывает, что использование импортных роботов не только не способствовало развитию местных инноваций, но и, возможно, вытеснило существующие инвестиции в НИОКР.

Наиболее показательно, что коэффициент корреляции между интенсивностью НИОКР и плотностью роботов составил $-0,704$ ($p < 0,01$), что является значительным отрицательным значением

и четко отображает серьезную проблему «разрыва» между исследованиями и производством в России.

В совокупности анализ двух этапов подтверждает гипотезу Н2 (гипотеза институциональных ограничений): институциональные барьеры не позволяют эффективно преобразовать инвестиции в способности, и способности не могут быть превращены в результаты, что приводит к ситуации «есть кадры, но нет результатов».

Глубокий анализ различий в механизмах

Эффективность передачи в Китае обусловлена многомерной системой: политическая координация (субсидии, налоговые льготы), масштаб внутреннего рынка, полная производственная система и передовая инфраструктура (70 % мировых 5G-станций).

Множество структурных причин лежат в основе разрыва «НИОКР — производство» в России. Основным фактором является ограниченность финансирования: санкции перекрыли международные финансовые каналы, зарубежные инвестиции значительно сократились, государственный бюджет сильно зависит от энергетического экспорта и сталкивается с давлением военных расходов, что затрудняет дальнейшее увеличение инвестиций в НИОКР. Недостаточный размер рынка ограничивает коммерциализацию инноваций: внутренний спрос не может обеспечить необходимый масштаб для высокорисковых инвестиционных проектов в инновации.

Также существует серьезный разрыв между наукой, образованием и производством: научные кадры в основном сосредоточены в академических учреждениях (система Российской академии наук), их связь с предприятиями слабая, а большинство патентов — академические, с коммерциализацией менее 10 %. К тому же отсутствие технических стандартов приводит к фрагментации промышленного Интернета и умного производства, а также к продолжительному оттоку высококвалифицированных кадров. Роботы, чипы и промышленное ПО серьезно зависят от импорта, а прогресс в их замещении местными аналогами идет медленно. Все эти факторы переплетаются, создавая порочный круг.

Рекомендации в рамках Индустрии 5.0

Китай: путь трансформации от количества к качеству. В измерении инвестиций следует перейти от количества к качеству, усилив поддержку ключевых технологий и создав систему оценки стоимости патентов. В измерении производственных мощностей следует способствовать цифровой трансформации малых и средних предприятий, разрабатывать легкие и недорогие цифровые инструменты, подходящие для этих предприятий (например, платфор-

мы промышленного Интернета). Также необходимо предоставить финансовую поддержку через целевые фонды, налоговые льготы и низкие процентные кредиты. В измерении результатов необходимо усилить внимание на человеко-ориентированности и экологической устойчивости, чтобы соответствовать основным принципам промышленности 5.0. Важно не только продвигать автоматизацию, но и достигать сотрудничества человека и машины. Нужно обучать работников для удовлетворения потребностей умного производства и поддерживать технологии энергосбережения и сокращения выбросов, способствуя развитию циркулярной экономики. В измерении институциональной среды следует активно участвовать в разработке международных стандартов (ISO, IEC), чтобы повысить голос Китая в этих вопросах. Также необходимо продвигать использование китайских стандартов в странах «Один пояс, один путь», расширяя влияние Китая, и создавать открытые стандарты и экосистемы с открытым исходным кодом в области промышленного Интернета и искусственного интеллекта.

Россия: системные реформы для преодоления разрыва «НИОКР — производство». В измерении инвестиций в инновации необходимо в первую очередь увеличить интенсивность вложений в НИОКР. Даже в условиях ограниченного бюджета необходимо обеспечить повышение доли расходов на НИОКР в ВВП до 1,2 % и более, а также увеличить налоговые льготы для корпоративных расходов на НИОКР до 150–200 %. Важно развивать венчурное инвестирование и привлекать частный капитал в инновационные проекты. В измерении производственных мощностей следует ускорить внедрение автоматизации и развитие отечественного производства. В таких областях, как роботы, числовое программное управление и другие, необходимо поддерживать развитие отечественных компаний. Также стоит создать платформы промышленного Интернета, ориентируясь на китайский опыт «двухплатформенности» (двойная платформа), и ускорить развертывание 5G в промышленном секторе. В измерении результатов необходимо повысить долю экспорта высокотехнологичной и ИКТ-продукции, развивать такие отрасли, как электроника, программное обеспечение, авиация, чтобы снизить зависимость от экспорта энергоресурсов. Важно искать новые рынки в Азии, на Ближнем Востоке, в Латинской Америке и других развивающихся странах для диверсификации экспорта. В институциональном измерении необходимо наладить взаимодействие науки и производства через платформы сотрудничества (по аналогии с Fraunhofer) и центры трансфера технологий, связав оценку ученых с коммерциализацией (рис. 4).

| | КИТАЙ Качество и стандарты | РОССИЯ Устранение барьеров | КИТАЙСКО-РОССИЙСКАЯ СИНЕРГИЯ Совместное развитие |
|--|---|--|--|
| [I] Инновационный вход | Повысить R&D > 2,8% Поддержка качественных патентов Промышленные технологии | Увеличить R&D до 3,2%+ Налоговые льготы 150-200% Венчурное финансирование | Совместные инновационные лаборатории Объединение алгоритмов и производства |
| [P] Производственная способность | Цифровизация МСП Легкие IoT-платформы Стандарты Индустрии 3.0 | Автоматизация: 50+ роботов/10к 5G для промышленности Национальные компоненты | Совместная разработка компонентов роботов Обмен инженерами и экспертами |
| [E] Экспортная способность | Повысить экспорт ИКТ Новые рынки (ВРЛ, Глобальный Юг) Высокотех. > 30% | ИКТ-экспорт > 5% Снизить зависимость от энергоресурсов Диверсификация рынков | Безопасные цепочки поставок Взаимозаменяемость Обход санкционных ограничений |
| [S] Институциональная среда | Лидерство в ISO/IEC Открытые экосистемы Продвижение стандартов через BRI | Россия: устранение барьеров вуз-бизнес Трансфер технологий Коммерциализация ВЗАИМОДОПОЛНЯЕМОСТЬ | Взаимное признание стандартов Финансирование АБИ/ПБР Обмен кадрами |

Примечание: [I] = Инновации, [P] = Производство, [E] = Экспорт, [S] = Система

Рис. 4. Матрица цифровой трансформации: стратегические рекомендации для Китая и России (источник: сост. автором)

Значительная взаимодополняемость двух стран и пути для совместного развития. Во-первых, создание совместных инновационных платформ — объединить российские достижения в алгоритмах управления с китайскими возможностями системной интеграции в робототехнике, а российские авиационные технологии — с китайским производством больших самолетов. Во-вторых, содействие взаимному признанию стандартов — следует разработать совместимые стандарты в таких областях, как промышленный Интернет, цифровая сертификация, кибербезопасность, чтобы избежать дублирования инфраструктуры и неэффективного использования ресурсов.

В-третьих, создание безопасной и устойчивой цифровой цепочки поставок — для ключевых компонентов необходимо построить систему взаимозаменяемых поставок между Китаем и Россией, развивать цифровую валюту, чтобы снизить зависимость от SWIFT, и создавать механизмы безопасного трансфера данных между странами. В-четвертых, усиление обмена кадрами и подготовки специалистов — следует совместно готовить докторов в таких передовых областях, как искусственный интеллект и квантовые вычисления, упростить визовые процедуры для специалистов в области технологий, а также поощрять обмен инженерами между китайскими и российскими компаниями для взаимного обучения и обмена опытом.

Наконец, предоставление финансовой поддержки — через Азиатский банк инфраструктурных инвестиций (АБИИ) и Новый банк развития можно финансировать проекты цифровизации между Китаем и Россией, создать фонд развития цифровой экономики Китая и России, а также предоставить льготные кредиты для приобретения технологий и продукции друг друга. Эти пути сотрудничества позволят обеим странам не только использовать свои сильные стороны, но и усилить свои позиции в глобальной цифровой экономике, повысив конкурентоспособность и устойчивость.

Заключение

Настоящее исследование, основанное на парадигме Индустрии 5.0, позволило разработать аналитическую рамку «Вложения-Способности-Выход» для сравнения цифровой трансформации Китая и России (2015–2024 гг.).

Результаты показывают, что Китай значительно опережает Россию по большинству показателей (разрыв от 2,85 до 99 раз), демонстрируя эффективную передачу «вложения → способности → выход» с высокой корреляцией между интенсивностью НИОКР и плотностью роботов ($r = 0,996$), что подтверждает H1.

Россия, несмотря на преимущество в плотности исследовательских кадров, страдает от разрыва «НИОКР – производство» из-за институциональных барьеров ($r = -0,704$), подтверждая H2. В рамках Индустрии 5.0 Китаю необходим переход от количества к качеству, России – преодоление разрыва через системные реформы. Совместные инновационные платформы, взаимное признание стандартов и цифровые цепочки поставок могут усилить синергию. Будущие исследования должны использовать микроданные для углубленного причинно-следственного анализа.

Благодарности

Исследование выполнено за счет средств гранта РФФ №25-18-00978 «Стратегическое управление интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в условиях экономики данных: методология, фреймворк, инструментарий».

Acknowledgements

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 25-18-00978 “Strategic management of the intellectual maturity of industrial ecosystems in the context of the data economy: methodology, framework, tools.”

Список источников

Boeing, P., Eberle, J., Howell, A. (2022). The impact of China’s R&D subsidies on R&D investment, technological upgrading and economic growth. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121212.

Duan, F., Li, Y., (2023). Zhong T. International patent cooperation, patent prosecution highway agreements, and export product quality. *China & World Economy*, 31 (6), 111–133.

Guo, Q., Su, Z. (2023). The application of industrial robot and the high-quality development of manufacturing industry: From a sustainability perspective. *Sustainability*, 15 (16), 12621.

Jelinek, T. (2023). *The Digital Sovereignty Trap: Avoiding the Return of Silos and a Divided World*. Springer Nature.

Metaiche, M. E. A. (2024). Linking national innovation systems and innovation capacity. *Management and Entrepreneurship: Trends of Development*, 4 (30), 8–26.

Sang, B., Wu, Y., Li, C. (2025). Evolution, Impact, and Responses to US Restrictions on Technological Investments in China. *J. WTO & China*, 15, 58.

Sang, T. M., Hung, N. T. (2024). Dynamic competitiveness, firm performance and the regulatory role of government policies in Industry 5.0. *Discover Sustainability*, 5 (1), 1–21.

Saniuk, S., Grabowska, S., Adamik, A. (2024). *Smart Organizations in Industry 5.0: A Human-centric Approach*. Taylor & Francis.

Sharma, A., Dhanka, S., Bansal, R., et al. (2024). *Industry 5.0 with sustainable development. Industry 5.0 and Emerging Technologies: Transformation Through Technology and Innovations*. Cham: Springer Nature Switzerland, 347–370.

Smorodinskaya, N. V., Katukov, D. D. (2024). Moving Towards Technological Sovereignty: A New Global Trend and the Russian Specifics. *Baltic Region*, 16(3), 108–135.

Zhao, J. (2025). Innovation, Division of Labor, Institutions and Economic Growth: An Analysis of Romer's Model from the Theory of the Adjacent Possible. *Division of Labor, Institutions and Economic Growth: An Analysis of Romer's Model from the Theory of the Adjacent Possible* (June 02, 2025).

Бабкин, А., Багукова, Л., Шкарупета, Е., Ташенова, Л., Лэйфэй, Ч. (2024). Стратегическое управление развитием промышленной EICSG-экосистемы Индустрии 5.0. *Журнал «ЭКО»*, 54(5), 287–300. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2024-5-287-300>

References

Babkin, A., Batukova, L., Shkarupeta, E., Tashenova, L., & Leifei, C. (2024). Strategic management of the development of the industrial EICSG ecosystem of Industry 5.0. *Journal "ECO"*, 54(5), 287–300. <https://doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2024-5-287-300> (In Russ.)

Boeing, P., Eberle, J., Howell, A. (2022). The impact of China's R&D subsidies on R&D investment, technological upgrading and economic growth. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121212.

Duan, F., Li, Y., (2023). Zhong T. International patent cooperation, patent prosecution highway agreements, and export product quality. *China & World Economy*, 31(6), 111–133.

Guo, Q., Su, Z. (2023). The application of industrial robot and the high-quality development of manufacturing industry: From a sustainability perspective. *Sustainability*, 15(16), 12621.

Jelinek, T. (2023). *The Digital Sovereignty Trap: Avoiding the Return of Silos and a Divided World*. Springer Nature.

Metaiche, M. E. A. (2024). Linking national innovation systems and innovation capacity. *Management and Entrepreneurship: Trends of Development*, 4(30), 8–26.

Sang, B., Wu, Y., Li, C. (2025). Evolution, Impact, and Responses to US Restrictions on Technological Investments in China. *J. WTO & China*, 15, 58.

Sang, T. M., Hung, N. T. (2024). Dynamic competitiveness, firm performance and the regulatory role of government policies in Industry 5.0. *Discover Sustainability*, 5(1), 1–21.

Saniuk, S., Grabowska, S., Adamik, A. (2024). *Smart Organizations in Industry 5.0: A Human-centric Approach*. Taylor & Francis.

Sharma, A., Dhanka, S., Bansal, R., et al. (2024). *Industry 5.0 with sustainable development. Industry 5.0 and Emerging Technologies: Transformation Through Technology and Innovations*. Cham: Springer Nature Switzerland, 347–370.

Smorodinskaya, N. V., Katukov, D. D. (2024). Moving Towards Technological Sovereignty: A New Global Trend and the Russian Specifics. *Baltic Region*, 16(3), 108–135.

Zhao, J. (2025). Innovation, Division of Labor, Institutions and Economic Growth: An Analysis of Romer's Model from the Theory of the Adjacent Possible. *Division of Labor, Institutions and Economic Growth: An Analysis of Romer's Model from the Theory of the Adjacent Possible* (June 02, 2025).

Сведения об авторе

Чэнь Лэйфэй — кандидат экономических наук, специалист научно-исследовательской лаборатории «Цифровая экономика промышленности», Высшая инженерно-экономическая школа, ИПМЭИТ, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; <https://orcid.org/0000-0002-5377-2798> (Российская Федерация, Санкт-Петербург; e-mail: chenleifei@yandex.ru).

Chen Leifei — PhD in Economics, specialist of the research laboratory “Digital Economy of Industry”, Higher School of Engineering and Economics, IPMEIT, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; <https://orcid.org/0000-0002-5377-2798> (Russian Federation, St. Petersburg; e-mail: chenleifei@yandex.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

Author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

Искусственный интеллект как катализатор экономики замкнутого цикла: межотраслевые модели для оптимизации потоков материалов и энергии¹

Ф. М. Мамбетова^а, К. М. Мамбетова^б

^{а,б} Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова (г. Нальчик, Россия).

^а <https://orcid.org/0009-0009-5160-9565>

^б <https://orcid.org/0009-0005-4111-0016>

Автор для корреспонденции: Ф. М. Мамбетова (e-mail: Fuzam@mail.ru).

Аннотация. *Переход от линейной экономики к экономике замкнутого цикла является центральной задачей для достижения целей устойчивого развития. Однако его масштабированию препятствуют системные трудности с отслеживанием, оптимизацией и управлением потоками материалов и энергии. Исследование направлено на разработку комплексной модели использования искусственного интеллекта (ИИ) в качестве катализатора экономики замкнутого цикла через призму межотраслевой синергии. Методология включает систематический обзор литературы, анализ конкретных примеров и разработку концептуальной основы. В результате предложена таксономия из трех ключевых моделей: 1) «Цифровой двойник цепочки создания стоимости», 2) «Платформа симбиоза промышленных отходов», 3) «Прогнозирующая модель жизненного цикла продукта».*

Ключевые слова: экономика замкнутого цикла, искусственный интеллект, межотраслевая оптимизация, промышленный симбиоз

¹ © Мамбетова Ф. М., Мамбетова К. М. Текст. 2026.

Artificial intelligence as a catalyst for a closed-loop economy: cross-industry models for optimizing material and energy flows

F. M. Mambetova^a, K. M. Mambetova^b

^{a, b} Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Professor at the Institute of Management, Tourism and the Hospitality Industry (Nalchik, Russian Federation).

^a <https://orcid.org/0009-0009-5160-9565>

^b <https://orcid.org/0009-0005-4111-0016>

Автор для корреспонденции: F. M. Mambetova (e-mail: Fuzam@mail.ru).

Abstract. *The transition from a linear economy to a closed-loop economy is a central task for achieving the Sustainable Development Goals. However, its scaling is hampered by systemic difficulties in tracking, optimizing, and managing the flow of materials and energy. This research aims to develop a comprehensive model for using artificial intelligence (AI) as a catalyst for a closed-loop economy through the prism of intersectoral synergy. The methodology includes a systematic review of the literature, an analysis of specific examples, and the development of a conceptual framework. As a result, a taxonomy of three key models is proposed: 1) The «Digital twin of the value chain», 2) «Industrial Waste Symbiosis Platform», 3) «Predictive model of the product lifecycle».*

Keywords: *closed-loop economics, artificial intelligence, intersectoral optimization, industrial symbiosis*

Введение

Глобальный рост потребления и обострение климатических проблем актуализируют поиск альтернатив традиционной линейной модели «производство – использование – утилизация». Циркулярная экономика (ЦЭ) предлагает парадигму, при которой продукты, материалы и ресурсы сохраняют свою максимальную ценность на протяжении всего жизненного цикла¹. Несмотря на свою концептуальную привлекательность, практическая реализация сталкивается с фундаментальными проблемами: неэффективностью отслеживания ресурсов, сложностями в согласовании интересов многих заинтересованных сторон и недостаточной экономической целесообразностью вторичной переработки (Kirchherr et al., 2017). Искусственный интеллект (ИИ), обладающий способностью автономно анализировать большие объемы данных, прогнозировать и оптимизировать, становится ключевым технологическим фактором для преодоления этих барьеров (Nishant et al., 2020). Однако су-

¹ Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change.

существующие исследования часто фокусируются на узкоотраслевых приложениях искусственного интеллекта (например, в сортировке отходов), упуская из виду его трансформационный потенциал как межотраслевого интегратора.

Целью данного исследования является систематизация и анализ межотраслевых моделей применения искусственного интеллекта для оптимизации материальных и энергетических потоков в контексте ЦЭ. Для этого мы поставили следующие задачи:

- разработать таксономию межотраслевых моделей искусственного интеллекта для ЦЭ;
- проиллюстрировать каждую модель соответствующими примерами из практики;
- определить и классифицировать технологические, экономические и организационные барьеры;
- сформулировать рекомендации для дальнейших исследований и практической реализации.

Научная новизна состоит в изучении взаимосвязи между развитием искусственного интеллекта, экономическим ростом и потреблением ресурсов, что способствует более глубокому пониманию этих процессов.

Теоретической основой исследования являются работы по экономике замкнутого цикла¹, промышленному симбиозу и цифровизации устойчивого развития (Stock & Seliger, 2016).

Классические модели СЕ, такие как «Бабочка» Эллен Макартур, задают концептуальную основу, но не предлагают технологических механизмов для их реализации.

Для статьи был использован анализ второстепенных случаев из отчетов консалтинговых компаний и рецензируемых публикаций. Также исследование основано на качественной методологии, которая включает в себя систематический обзор литературы в базах данных Scopus и Web of Science за период 2018–2024 гг.

Авторская гипотеза исследования состоит в том, что ускорение процессов цифровой трансформации будет происходить за счет активного внедрения технологий искусственного интеллекта.

Обсуждение

Примеры из сферы производства, энергетики и сельского хозяйства демонстрируют способность ИИ преодолевать информационную асимметрию и создавать межотраслевые замкнутые циклы.

¹ Там же.

Были выявлены ключевые барьеры, в т. ч. проблема «разрозненных данных» и отсутствие стандартизированных онтологий. В статье делается вывод, что ИИ — это не просто инструмент, а системный интегратор, который превращает экономику замкнутого цикла из концепции в технологически осуществимую парадигму.

В области ИИ существует несколько актуальных областей:

а) предиктивная аналитика: использование машинного обучения для прогнозирования выхода изделия из строя, что позволяет планировать ремонт и восстановление материалов (Bressanelli et al., 2018);

б) компьютерное зрение: автоматизация сортировки и идентификации материалов на основе их визуальных характеристик (Nowakowski & Mrówczyńska, 2020);

в) алгоритмы оптимизации: поиск оптимальных маршрутов и цепочек для вторичного использования ресурсов, минимизация логистических и транзакционных издержек (Abdallah & Farhat, 2021).

Появляется всё больше работ, посвященных непосредственно симбиозу ИИ и КЭ. Например, С. Бэг и соавторы (Bag et al., 2021) исследуют роль ИИ в управлении замкнутыми цепочками поставок, в работе К. Жоу и соавторов (Zhou et al., 2020) анализируется вклад ИИ в повышение энергоэффективности. Однако пробел заключается в отсутствии целостной модели, описывающей, как искусственный интеллект может создавать новые ценностные предложения путем интеграции различных отраслей, формируя экосистему экономики замкнутого цикла. При этом существуют барьеры, такие как низкая остаточная стоимость использованных продуктов, невозможность сбора материалов, высокие затраты на сортировку и переработку сырья и невозможность его отслеживания.

Искусственный интеллект может помочь в оптимизации цепей поставок, принятии решений о переработке и повторном использовании материалов, а также в поиске инновационных решений в сфере циркуляции ресурсов. Машинное обучение позволяет системам анализировать большие объёмы данных и выявлять скрытые закономерности, что помогает в прогнозировании потребностей, оптимизации процессов и предотвращении отказов. На основе анализа данных предложена таксономия из трех фундаментальных моделей (табл. 1).

Модель «Цифровой двойник цепочки создания стоимости» предполагает создание виртуальной копии всей цепочки перемещения материалов. Например, Philips использует цифровые двойники для отслеживания ключевых компонентов своего медицинского оборудования в рамках инициативы *Cycling in Practice*. Алгоритмы искусственного интеллекта прогнозируют нагрузку на оборудование, планируют про-

Таксономия межотраслевых моделей искусственного интеллекта для экономики замкнутого цикла

| Модель | Цель | Ключевые технологии ИИ | Межотраслевой эффект |
|--|--|---|--|
| 1. Цифровой двойник цепочки создания стоимости | Создание динамической цифровой копии физических потоков для их сквозной оптимизации | Интернет вещей (IoT), предиктивная аналитика, Reinforcement Learning | Интеграция данных от добычи сырья и производства до логистики и утилизации, позволяющая находить точки неэффективности |
| 2. Платформа симбиоза промышленных отходов | Агрегация данных об отходах одних отраслей и поиск возможностей для их использования в других в качестве сырья | NLP для анализа контрактов, рекомендательные системы, алгоритмы сопоставления | Превращение потока отходов (например, золы, тепла, пластика) из статьи расходов в источник роста для смежных отраслей |
| 3. Предиктивная модель жизненного цикла продукта | Прогнозирование износа, спроса на запчасти и оптимального времени для ремонта, ремонта или утилизации | Машинное обучение на временных рядах, компьютерное зрение для диагностики | Связывает производителей, сервисные службы и компании по переработке, продлевая жизненный цикл продукции |

Источник: сост. авторами.

филактическое обслуживание и, самое главное, определяют, какие узлы могут быть восстановлены и использованы повторно после окончания срока службы устройства у первоначального арендатора (Parida & Wincen, 2019). Это создает порочный круг между производителем, медицинскими учреждениями и ремонтными службами.

Платформа Symbiosis для промышленных отходов выполняет функцию «упаковщика» побочных продуктов. Датский симбиоз в Калундборге — классический пример, который теперь дополнен искусственным интеллектом. Такие платформы, как NISP (Национальная программа промышленного симбиоза), используют алгоритмы для сопоставления количества отходов (например, избыточного тепла на заводе) с потребностью в энергии близлежащих теплиц или жилых районов (Chertow, 2000). Искусственный интеллект анализирует химический состав отходов, их объемы, местоположение и маршруты логистики, предлагая наиболее экономичные и экологически эффективные связи между несвязанными отраслями промышленности.

В таблице 2 было проведено сравнение ключевых показателей эффективности (KPI) между сценарием с внедрением ИИ и базовым сценарием (линейная модель).

Полученные результаты указывают на значительный потенциал межотраслевых моделей искусственного интеллекта для ускорения перехода на СЕ. Сокращение объема отходов на 25 % было достигнуто не только за счет улучшения сортировки, но и за счет прогнозируемого технического обслуживания, что сокращает количество отходов на производстве. Повышение энергоэффективности связано с оптимизацией энергопотребления и использованием вторичных тепловых потоков.

Модель прогнозирования жизненного цикла продукции направлена на продление срока службы изделий. Например, Rolls-Royce использует прогнозирующие модели искусственного интеллекта для своей услуги «Повышение мощности часов». Анализируя данные с датчиков авиационного двигателя в режиме реального времени, искусственный интеллект прогнозирует оставшийся срок службы деталей. Это позволяет точно планировать техническое обслуживание, ремонт до возникновения критической неисправности и своевременное производство необходимых запасных частей, сводя к минимуму время простоя воздушных судов и количество списанных материалов (Tuegel et al., 2011). Модель объединяет авиаперевозчиков, производителей двигателей и ремонтные компании. Несмотря на потенциал, существуют значительные препятствия для внедрения моделей искусственного интеллекта в Европе. В таблице 3 приведен анализ барьеров на пути внедрения.

Анализ показывает, что ИИ трансформирует ЦЭ, перемещая его из сферы точечных инициатив в область системной оптимизации. Межотраслевой характер предлагаемых моделей позволяет преодолеть ключевое ограничение традиционного ЦЭ — локальность.

Таблица 2

Сравнительный анализ эффективности

| Показатель (KPI) | Базовый сценарий | Сценарий с ИИ | Улучшение |
|--------------------------------------|------------------|---------------|-----------|
| Объем отходов на свалку, т/мес. | 1000 | 750 | 25 % |
| Энергоэффективность, % | 75 % | 87 % | 12 % |
| Логистические издержки, у.е./мес. | 5000 | 4000 | 20 % |
| Точность прогноза выхода из строя, % | — | 92 % | — |

Источник: сост. авторами.

Классификация барьеров на пути внедрения ИИ для ЦЭ

| Категория | Основные барьеры |
|-------------------------------|--|
| Технологические | <ul style="list-style-type: none"> – Несовместимость стандартов данных и «данные-силосы» между отраслями; – Отсутствие единых онтологий для описания материалов и отходов; – Сложность верификации и валидации ИИ-моделей в сложных, нестабильных системах |
| Экономические и бизнес-модели | <ul style="list-style-type: none"> – Высокие первоначальные инвестиции в IoT и ИИ-инфраструктуру; – Незрелость бизнес-моделей, основанных на совместном использовании данных и разделении выгод; – Риски, связанные с коммерческой тайной при обмене данными между конкурентами |
| Регуляторные и политические | <ul style="list-style-type: none"> – Недостаточность нормативной базы, признающей вторичные материалы, отслеженные ИИ, как полноценное сырье; – Отсутствие стимулов (налоговых, таможенных) для компаний, участвующих в цифровых платформах симбиоза |

Источник: сост. авторами.

Заключение

Исследование подтвердило гипотезу, что искусственный интеллект — это не просто инструментальное усовершенствование, но и катализатор структурных преобразований в направлении экономики замкнутого цикла. Предлагаемые модели — «Цифровой близнец», «Платформа симбиоза» и «Прогнозирующая модель жизненного цикла» — обеспечивают концептуальную основу для проектирования межотраслевых систем, в которых потоки материалов и энергии оптимизируются на глобальном уровне. Преодоление выявленных барьеров потребует консолидированных усилий научного сообщества, бизнеса и государства. Дальнейшие исследования должны быть направлены на количественную оценку эффекта от внедрения таких моделей и разработку конкретных архитектурных решений для межотраслевого обмена данными.

В качестве научных рекомендаций мы предлагаем:

а) разработку межотраслевых онтологий. Необходимы исследования для создания стандартизированных словарей для описания потоков материалов и энергии, понятных алгоритмам искусственного интеллекта;

б) исследование федеративного обучения. Эта технология позволяет обучать модели искусственного интеллекта на основе распределенных данных без централизации, что может решить проблему «разрозненных данных» и конфиденциальности;

в) оценка устойчивости ИИ. Требуется разработка методов для оценки полного воздействия на окружающую среду (углерод, вода) самих систем ИИ, используемых для ЦЭ.

Результаты работы могут быть использованы руководителями промышленных предприятий, регулируемыми органами и разработчиками программного обеспечения для проектирования более эффективных и устойчивых производственных и логистических систем.

В нашей стране и во всем мире ещё предстоит проделать большую работу, чтобы в полной мере использовать преимущества циркулярной экономики (Ilyina, 2022).

Список источников

Abdallah, T., & Farhat, A. (2021). Artificial intelligence in reverse logistics: A review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32 (2), 1–18.

Bag, S., Pretorius, J. H. C., & Gupta, S. (2021). Role of artificial intelligence in circular manufacturing: A systematic literature review. *Journal of Enterprise Information Management*, 34 (5), 1371–1400.

Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., & Saccani, N. (2018). Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. *Sustainability*, 10 (3), 639.

Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25 (1), 313–337.

Dhar, V. (2020). The future of artificial intelligence. *Big Data*, 8 (1), 1–2.

Ilyina, E. A. (2022). Circular economy: conceptual approaches and mechanisms of their implementation. *Production Organizer*, 30 (3), 21–30.

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.

Nishant, R., Kennedy, M., & Corbett, J. (2020). Artificial intelligence for sustainability: Challenges and opportunities. *Sustainability*, 12 (7), 2835.

Nowakowski, P., & Mrówczyńska, B. (2020). Towards sustainable WEEE collection and transportation: A case study on the application of artificial intelligence. *Waste Management*, 103, 198–209.

Parida, V., & Wincent, J. (2019). Why and how to compete through sustainability: A review and outline of trends influencing firm and network-level transformation. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 15 (1), 1–19.

Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536–541.

Tuegel, E. J., Ingraffea, A. R., Eason, T. G., & Spottswood, S. M. (2011). Reengineering aircraft structural life prediction using a digital twin. *International Journal of Aerospace Engineering*, 1–14.

Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., & Thoben, K. D. (2016). Machine learning in manufacturing: advances, challenges, and applications. *Production & Manufacturing Research*, 4(1), 23–45.

Zhou, K., Yang, S., & Shao, Z. (2020). Energy Internet: The business perspective. *Applied Energy*, 261, 114445.

Сведения об авторах

Мамбетова Фуза Магометовна — доктор экономических наук, профессор института менеджмента, туризма и индустрии гостеприимства, Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова; <https://orcid.org/0009-0009-5160-9565> (Российская Федерация, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173; e-mail: Fuzam@mail.ru).

Мамбетова Карина Михайловна — кандидат экономических наук, Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова; <https://orcid.org/0009-0005-4111-0016> (Российская Федерация, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173; e-mail: Mambetova.karina@gmail.com).

Fuza M. Mambetova — Doctor of Economics, Professor at the Institute of Management, Tourism and the Hospitality Industry, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov; <https://orcid.org/0009-0009-5160-9565> (Russian Federation, 360004, Nalchik, Chernyshevskogo Street, 173; e-mail: Fuzam@mail.ru).

Karina M. Mambetova — Candidate of Economic Sciences, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov; <https://orcid.org/0009-0005-4111-0016> (Russian Federation, 360004, Nalchik, Chernyshevskogo Street, 173; e-mail: Mambetova.karina@gmail.com).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 004.8

JEL classification: O33, C55, D83

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-12>

Разработка мультязычной модели для обеспечения безопасности онлайн-коммуникаций¹

Л. П. Мбеле Оссийи ^а, П. Д. Дробинцев ^б

^{а,б} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(г. Санкт-Петербург, Россия).

^а <https://orcid.org/0009-0002-3090-2809>

^б <https://orcid.org/0000-0003-1116-7765>

Автор для корреспонденции: Л.П. Мбеле Оссийи (lucprucell@gmail.com).

Аннотация. *Распространение ненавистнических высказываний в онлайн-пространстве является серьёзной социальной проблемой и актуальным вызовом для систем автоматической модерации. Особенно остро эта проблема проявляется в мультязычной среде, где низкоресурсные языки остаются недостаточно изученными и поддерживаемыми в существующих решениях. Цель исследования — разработка мультязычной модели обработки естественного языка для автоматического выявления таких высказываний, способной работать как в бинарном, так и в мультиклассовом режимах. Предложена архитектура с языковыми адаптационными слоями, механизмами внимания и пулинга, обеспечивающая корректную обработку высоко- и низкоресурсных языков, включая африканские. Модель демонстрирует высокие показатели точности и качества классификации, превосходя существующие решения на низкоресурсных языках (макро-F1 мера: игбо — 94,92 %, йоруба — 91,68 %). Научный вклад состоит в адаптации архитектуры под мультязычный режим и расширении области применения к африканским языкам. Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием мультимодальных подходов и совершенствованием обработки чередования языков.*

Ключевые слова: ненавистнические высказывания, обработка естественного языка, большие языковые модели, мультязычные данные, низкоресурсные языки

¹ © Мбеле Оссийи Л.П., Дробинцев П.Д. Текст. 2026.

Development of a Multilingual Model for Securing Online Communications

L. P. Mbele Ossiya^a, P. D. Drobintsev^b

^{a, b} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Saint Petersburg, Russia).

^a <https://orcid.org/0009-0002-3090-2809>

^b <https://orcid.org/0000-0003-1116-7765>

Corresponding author: L.P. Mbele Ossiya (lucprucell@gmail.com).

Abstract. *The spread of hate speech online represents a serious social problem and a significant challenge for automated moderation systems. This issue is particularly acute in multilingual environments, where low-resource languages remain insufficiently studied and supported by existing solutions. This study presents a multilingual natural language processing model designed for the automatic detection of hate speech, capable of performing both binary and multi-class classification. The proposed architecture integrates language adaptation layers, attention mechanisms, and pooling techniques, enabling effective processing of high- and low-resource languages, including African languages. Experiments demonstrate strong classification performance, surpassing baseline models on low-resource languages (macro-F1: Igbo — 94.92 %, Yoruba — 91.68 %). The scientific contribution lies in adapting the model architecture for multilingual settings and expanding applicability to African languages. Future work will explore multimodal approaches and enhance the handling of code-switching in multilingual data.*

Keywords: hate speech, natural language processing, large language models, multilingual data, low-resource languages

Введение

Распространение ненавистнических высказываний представляет собой серьёзную социальную проблему, активно исследуемую в области обработки естественного языка, особенно в задаче классификации текстов. Существующие исследования охватывают широкий спектр подходов, использующих большие языковые модели (Alatawi et al., 2021; Alshaalan & Al-Khalifa, 2020; Vidgen & Derczynski, 2023; Hashmi et al., 2024; Zhang et al., 2024; Wang et al., 2020) и прикладные решения, такие как Perspective API¹ и ModerateHateSpeech². Несмотря на эффективность этих подходов, большинство из них ограничено моноязыч-

¹ Perspective API. (n.d.). [API «Perspective» для выявления токсичных комментариев] [Электронный ресурс]. <https://perspectiveapi.com> (дата обращения: 01.05.2025). (In Eng.)

² ModerateHateSpeech. (n.d.). [Платформа для обнаружения ненавистнических высказываний Moderate Hate Speech] [Электронный ресурс]. <https://moderatehatespeech.com> (дата обращения: 01.05.2025). (In Eng.)

ным контекстом (Alatawi et al., 2021; Alshaalan & Al-Khalifa, 2020), недостаточной детализацией классификации (Zhang et al., 2024; Wang et al., 2020) и непрозрачностью процессов сбора и разметки данных.

Лишь немногие модели, например от С. Алуру и коллег (Aluru et al., 2020), демонстрируют полноценную мультиязычную обработку, тогда как поддержка низкоресурсных языков, особенно африканских, остаётся крайне ограниченной. Кроме того, бинарная классификация, доминирующая в существующих работах, не позволяет выявлять типологию ненавистнических высказываний.

Актуальность исследования заключается в необходимости создания прозрачных и адаптивных решений, способных эффективно работать с мультиязычными и низкоресурсными данными.

Цель — разработка архитектуры мультиязычной модели, поддерживающей бинарный и мультиклассовый режимы классификации.

Гипотеза состоит в том, что интеграция языковых адаптационных слоёв и механизмов внимания и пулинга позволит повысить точность выявления ненавистнических высказываний на низкоресурсных языках и улучшить интерпретируемость классификации.

Обзор литературы

Автоматическое выявление ненавистнических высказываний является важным направлением исследований в области обработки естественного языка. В последние годы особое внимание уделяется подходам на основе глубокого обучения и предобученных языковых моделей. Однако большинство существующих работ ограничено моноязычным контекстом, преимущественно сосредоточенным на английском или других высокоресурсных языках (Alatawi et al., 2021; Alshaalan & Al-Khalifa, 2020; Vidgen & Derczynski, 2023; Hashmi et al., 2024).

Модель HateBERT (Caselli et al., 2021), являющаяся дообученной версией BERT (Devlin et al., 2019) для английского языка, показала улучшение макро-F1 до 90 % на корпусе Reddit. Однако её ограниченность английским языком подчёркивает проблему игнорирования низкоресурсных языков, в частности африканских, такие как хауса, игбо, йоруба, суахили, где отсутствуют размеченные корпуса (Muhammad et al., 2025). Недостаток данных и участия локальных сообществ снижает обобщающую способность моделей и усиливает неравенство в онлайн-модерации.

Современные подходы также страдают недостаточной детализацией классификации, ограничиваясь бинарной схемой (ненавистническое / нейтральное), что снижает аналитическую ценность

результатов (Zhang et al., 2024; Wang et al., 2020). Между тем мультиклассовая классификация повышает информативность: в работе С. Ванг и соавторов (Wang et al., 2020) макро-F1 достигла 82 % против 70 % при бинарной схеме. Отсутствие мультиклассовых аннотаций особенно затрудняет выявление конкретных категорий ненависти — расизма, сексизма и др.

Дополнительной проблемой остаётся низкая интерпретируемость моделей. Популярные мультязычные архитектуры — mBERT, RoBERTa, XLM-R — функционируют как «чёрные ящики» (Zhang et al., 2024). Попытки использования LIME (Ribeiro et al., 2016) и SHAP (Lundberg & Lee, 2017) пока ограничены.

Таким образом, существующие ограничения — моноязычность, недостаточная поддержка низкоресурсных языков, бинарная классификация и слабая интерпретируемость — указывают на необходимость новых архитектур с языковыми адаптационными слоями, механизмами внимания и мультиклассовыми головами. Это обеспечит более точное и устойчивое выявление ненавистнических высказываний и повысит детализацию анализа.

Настоящее исследование направлено на разработку мультязычной архитектуры, эффективно работающей как с высоко-, так и с низкоресурсными языками. В следующем разделе представлены корпуса данных, методология и структура предложенной модели.

Материалы

Для разработки мультязычной модели выявления ненавистнических высказываний были отобраны доступные аннотированные корпуса из различных источников (социальные сети, комментарии к новостям). В итоговый набор вошли: европейские языки — английский (en), испанский (es), французский (fr), португальский (pt), русский (ru), немецкий (de), итальянский (it); а также африканские языки — суахили (sw), хауса (ha), йоруба (yo), игбо (ig). Дополнительно использовался специализированный англоязычный корпус с мультиклассовой аннотацией. Европейские данные объединены в суперкорпусы (апрель 2024 г.), для африканских языков использованы проекты NaijaHate (Tonneau et al., 2024) и AfriHate (Muhammad et al., 2025). Каждый пример включал текст, аннотацию, источник и метаданные.

Первичный анализ (табл. 1) выявил низкую долю ненавистнических примеров в ряде наборов, отражая дисбаланс классов.

Для устранения дисбаланса классов применялось уменьшение объёма выборки (*undersampling*) с формированием сбалансированных корпусов (табл. 2), где доля примеров с ненавистью составляла

Таблица 1

Первоначальное распределение данных

| Язык | Ненависть (%) | Без ненависти (%) | Источник |
|-------------|----------------------|--------------------------|---|
| en | 26.92 | 73.08 | (Tonneau et al., 2024) |
| fr | 27.25 | 72.75 | (Tonneau et al., 2024) |
| pt | 15.68 | 84.32 | (Tonneau et al., 2024) |
| es | 21.83 | 78.17 | (Tonneau et al., 2024) |
| de | 12.46 | 87.54 | (Tonneau et al., 2024) |
| it | 41.49 | 58.51 | Kaggle |
| ru | 44.38 | 55.62 | Kaggle |
| en_m | 45.81 | 54.19 | (Vidgen et al.,2021; Mathew et al.,2020) |
| yo | 51.67 | 48.33 | Kaggle; Muhammad et al., 2025 |
| ig | 53.46 | 46.54 | Kaggle; Muhammad et al., 2025 |
| ha | 42.29 | 57.71 | Kaggle; Muhammad et al., 2025 |
| sw | 55.39 | 44.61 | (Muhammad et al., 2025) |

Источник: вычисления авторами на корпусах, использованных в настоящем исследовании.

Таблица 2

Распределение данных после балансировки

| Язык | Ненависть | Без ненависти | % ненависть | % без ненависти | Всего |
|--------------|------------------|----------------------|--------------------|------------------------|---------------|
| en | 61682 | 62820 | 49.54 | 50.46 | 124502 |
| fr | 3790 | 5605 | 40.34 | 59.66 | 9395 |
| pt | 3514 | 4742 | 42.56 | 57.44 | 8256 |
| es | 5768 | 7698 | 42.83 | 57.17 | 13466 |
| de | 6297 | 8086 | 43.78 | 56.22 | 14383 |
| it | 3569 | 5033 | 41.49 | 58.51 | 8602 |
| ru | 5379 | 6741 | 44.38 | 55.62 | 12120 |
| en_m | 19138 | 22639 | 45.81 | 54.19 | 41777 |
| yo | 4890 | 4574 | 51.67 | 48.33 | 9464 |
| ig | 4298 | 3742 | 53.46 | 46.54 | 8040 |
| ha | 4737 | 6465 | 42.29 | 57.71 | 11202 |
| sw | 11682 | 9410 | 55.39 | 44.61 | 21092 |
| Итого | 135944 | 141555 | 48.98 | 51.02 | 277499 |

Источник: вычисления авторами на корпусах, использованных в настоящем исследовании.

40–55 %. Английский корпус оказался практически идеально сбалансированным.

Анализ подклассов мультиклассового англоязычного корпуса (табл. 3) показал, что в отдельных категориях наблюдается низкая доля положительных примеров, что потребовало введения взвешивания классов при мультиклассовой классификации.

Предварительная обработка данных

Этап предобработки был направлен на снижение шума и повышение эффективности обучения модели. Работы выполнялись как в последовательном, так и в параллельном режимах, при этом параллельная обработка обеспечила наилучшее соотношение скорости и стабильности. Для обеспечения сопоставимости корпусов был разработан унифицированный протокол предобработки, включающий следующие операции:

- исправление ошибок кодировки, часто встречающихся в многоязычных источниках;
- удаление нежелательных символов, ссылок, упоминаний и хэштегов;
- семантическую замену эмодзи на текстовые эквиваленты;
- приведение текста к нижнему регистру (при сохранении смысла);
- удаление нерелевантных стоп-слов;
- выявление и коррекцию аббревиатур, жаргонизмов и грамматических ошибок с использованием специализированных словарей для каждого языка;
- анонимизацию именованных сущностей (публичных лиц, организаций, чувствительных локаций);
- нормализацию и деобфускацию оскорбительных слов для восстановления скрытых выражений;
- фильтрацию коротких текстов (< 3 слов);

Таблица 3

Доля положительных примеров мультиклассового набора данных

| Подкласс | Положительные | Доля |
|-----------------|----------------------|-------------|
| race | 9156 | 0.2192 |
| religion | 5110 | 0.1223 |
| gender | 4226 | 0.1012 |
| sex_orientation | 3021 | 0.0723 |
| miscellaneous | 2488 | 0.0596 |

Источник: вычисления авторами на аннотированных корпусах.

— токенизацию и лемматизацию.

Разработанный протокол позволил автоматизировать обработку и достичь высокой степени чистоты данных. Это обеспечило сопоставимость языковых подкорпусов и повысило устойчивость модели при обучении и тестировании.

Архитектура модели

Основой мультязычной модели (рис. 1) служит HateBERT — дообученная версия BERT, адаптированная для выявления оскорбительного и ненавистнического языка на корпусе Reddit (RAL-E). Поскольку её обобщающая способность ограничена английским языком, были добавлены специальные адаптационные слои.

Для поддержки мультязычности интегрированы языковые адаптационные слои, корректирующие представления HateBERT с учётом морфологических и лексических особенностей разных языков. Это позволяет сохранить знания, полученные на английских данных, и улучшить обработку низкоресурсных языков.

Далее для повышения эффективности реализованы механизмы языкового внимания и пулинга. Языковое внимание динамически взвешивает вклад каждого токена по языку, учитывая различия в структуре предложений, порядке слов и морфологии. Пулинг на основе внимания агрегирует представления в компактные и информативные векторы для классификационных слоёв, усиливая роль токенов с маркерами ненависти и сохраняя критическую контекстную информацию. Это повышает генерализацию модели на языках, отсутствующих в исходном корпусе HateBERT, а также стабильность и точность предсказаний.

Модель включает две классификационные головы: бинарную — для обнаружения факта ненавистнического содержания, и мультiclassовую — для определения его типа (расизм, сексизм, религиозная нетерпимость, ориентация и др.).

Для повышения интерпретируемости использован метод Integrated Gradients (Sundararajan et al., 2017), оценивающий вклад каждого токена и обеспечивающий прозрачность решений.

Таким образом, предложенная архитектура представляет собой комплексный подход к мультязычному выявлению ненавистнических высказываний, эффективно работающий как с высоко-, так и с низкоресурсными языками, включая африканские.

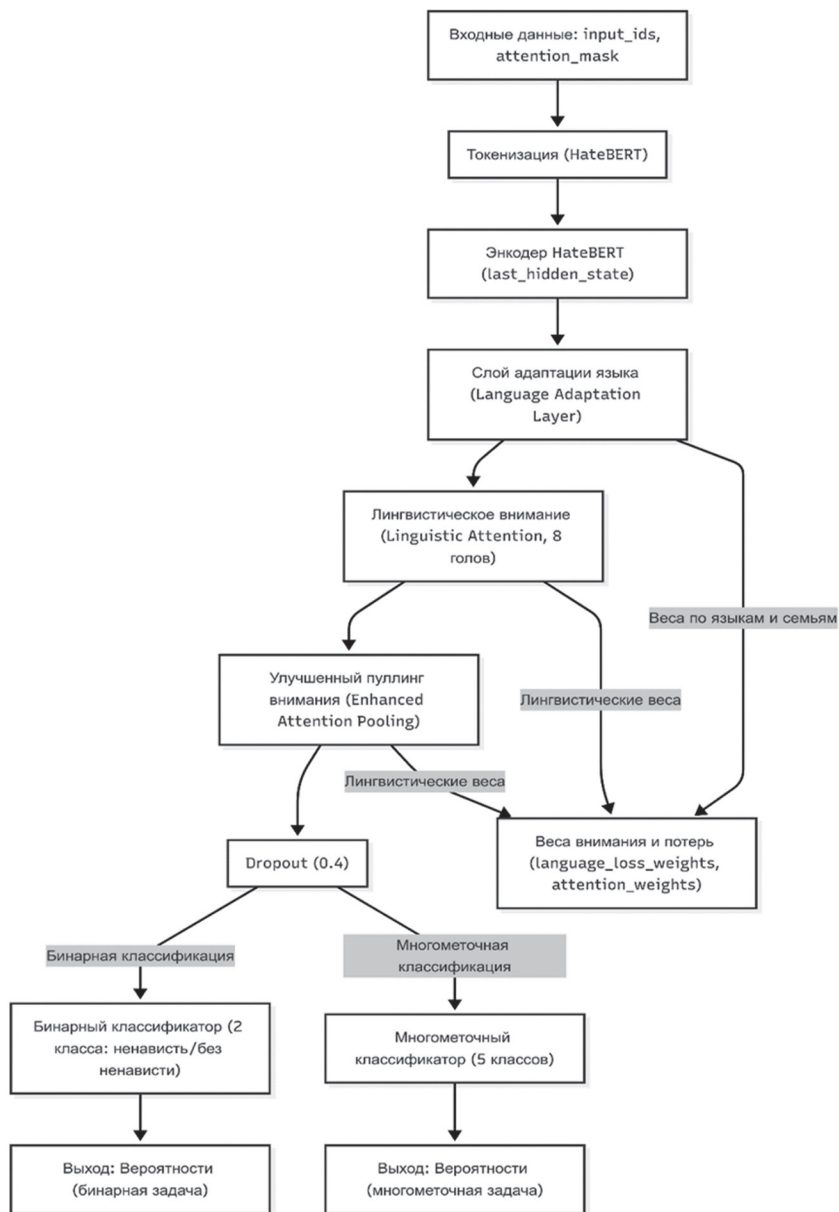


Рис. 1. Архитектура модели (источник: схема, созданная авторами настоящего исследования)

Процесс обучения

Модель обучалась на сбалансированных корпусах из 217399 примеров, включая $\approx 49,8$ % ненавистнических. Для оценки использовалась 5-кратная стратифицированная кросс-валидация (Stratified K-Fold), обеспечивающая равномерное распределение классов. Обучение проводилось в 10 эпох с батчем 128, разделением 80 % / 20 % (обучение / валидация), оптимизацией AdamW (5 · 10) и планировщиком ReduceLRonPlateau по метрике F1. Ранняя остановка (patience = 3) предотвращала переобучение; вычисления выполнялись на GPU со смешанной точностью (torch.amp.GradScaler).

Для мультиклассовой задачи модель, показавшая лучшие результаты в бинарной классификации, дообучалась на английском мультиклассовом датасете (en_m). Слои HateBERT размораживались постепенно, что снижало риск «катастрофического забывания». Для языков без мультиклассовых аннотаций применялся режим zero-shot, позволяющий оценивать обобщающую способность модели на необученных языках.

Дополнительное тонкое дообучение на отдельных языках улучшало стабильность и точность бинарной и мультиклассовой голов. Основное обучение (≈ 30 % русского корпуса и ≈ 20 % для прочих языков, кроме английского) выполнялось по тем же условиям с K-Fold.

Результаты

а) Бинарная классификация

Глобальные показатели по 5 фолдам представлены в таблице 4.

Модель демонстрирует высокую эффективность (среднее F1 Macro = 0.9027 \pm 0.0687, Accuracy = 0.9039 \pm 0.0676) и стабильность

Таблица 4

**Глобальные показатели производительности модели по фолдам
(бинарная классификация)**

| Фолд | Accuracy | F1 Macro |
|----------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 0.7766 | 0.7727 |
| 2 | 0.9227 | 0.9220 |
| 3 | 0.9346 | 0.9340 |
| 4 | 0.9412 | 0.9406 |
| 5 | 0.9444 | 0.9440 |
| Среднее (\pm std) | 0.9039 (\pm 0.0676) | 0.9027 (\pm 0.0687) |

Источник: результаты экспериментов, проведённых в рамках настоящего исследования.

между фолдами, подтверждая устойчивость к вариациям данных и многоязычию.

На уровне языков (табл. 5) F1 Macro варьирует от 0.8476 (русский) до 0.9512 (суахили). Высокий результат суахили объясняется большим корпусом (20950 примеров) и высокой долей ненавистнических комментариев (55,68 %).

Ниже показатели для русского и английского языков (F1 Macro: 0.8476 и 0.8551), что объясняется трудностями переноса модели HateBERT, предобученной исключительно на англоязычных данных, морфологическими, культурными различиями для русского и компромиссом точности ради мультязычной сбалансированности для английского.

Французский (0.8951 ± 0.1180), португальский (0.9211 ± 0.1020) и йоруба (0.9168 ± 0.0754) демонстрируют большую вариативность из-за небольшого объема или неоднородности разметки.

Африканские языки игбо, йоруба и хауса показывают высокие результаты (F1 Macro: 0.9092–0.9492) несмотря на меньшие корпуса (7765–10830 примеров) благодаря эффективной настройке модели и четким признакам ненавистнического содержания, хотя разброс между фолдами выше, чем у суахили.

b) Мультиклассовая классификация

Глобальные показатели по 5 фолдам представлены в таблице 6.

Таблица 5

Средние значения F1 Macro и Accuracy по каждому поддерживаемому языку (бинарная классификация)

| Язык | F1 Macro \pm Std | Accuracy \pm Std |
|------|---------------------|---------------------|
| en | 0.8551 \pm 0.0246 | 0.8551 \pm 0.0247 |
| fr | 0.8951 \pm 0.118 | 0.8963 \pm 0.1160 |
| de | 0.8981 \pm 0.0593 | 0.8983 \pm 0.0590 |
| es | 0.8827 \pm 0.0695 | 0.8833 \pm 0.0691 |
| pt | 0.9211 \pm 0.1020 | 0.9216 \pm 0.1011 |
| it | 0.9033 \pm 0.0949 | 0.9082 \pm 0.0874 |
| ru | 0.8476 \pm 0.0287 | 0.8495 \pm 0.0294 |
| ig | 0.9492 \pm 0.0574 | 0.9496 \pm 0.0568 |
| yo | 0.9168 \pm 0.0754 | 0.9171 \pm 0.0753 |
| ha | 0.9092 \pm 0.0714 | 0.9121 \pm 0.0681 |
| sw | 0.9512 \pm 0.0207 | 0.9518 \pm 0.0206 |

Источник: результаты экспериментов, проведённых в рамках настоящего исследования.

Таблица 6

**Глобальные показатели производительности модели по фолдам
(мультиклассовая классификация)**

| Фолд | F1 Macro | Accuracy | F1 Macro (en) |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 0.8971 | 0.8983 | 0.7590 |
| 2 | 0.9097 | 0.9107 | 0.7578 |
| 3 | 0.9352 | 0.9358 | 0.7621 |
| 4 | 0.9287 | 0.9295 | 0.7666 |
| 5 | 0.9325 | 0.9329 | 0.7647 |
| Среднее (\pm Std) | 0.9206 (\pm 0.0148) | 0.9214 (\pm 0.0148) | 0.7620 (\pm 0.0034) |

Источник: результаты экспериментов, проведённых в рамках настоящего исследования.

Модель показывает высокую и стабильную производительность, с глобальным F1 Macro 0.9206 ± 0.0148 и Accuracy 0.9214 ± 0.0148 . Мультиклассовая классификация английского языка стабильна (F1 Macro: 0.7620 ± 0.0034). Низкие значения стандартного отклонения для всех метрик (0.0148 для глобальных метрик и 0.0034 для мультиклассового F1) подчеркивают высокую стабильность модели, с минимальной вариативностью в мультиклассовой классификации, что свидетельствует о хорошей адаптации к задаче.

На уровне языков (табл. 7) F1 Macro варьирует от 0.8614 (русский) до 0.9726 (игбо).

Таблица 7

Средние значения F1 Macro и Accuracy по каждому поддерживаемому языку (мультиклассовая классификация)

| Язык | F1 Macro \pm Std | Accuracy \pm Std |
|------|---------------------|---------------------|
| en_m | 0.8732 ± 0.0134 | 0.8734 ± 0.0134 |
| fr | 0.9260 ± 0.0338 | 0.9264 ± 0.0341 |
| de | 0.8990 ± 0.0218 | 0.8992 ± 0.0219 |
| es | 0.8952 ± 0.0137 | 0.8959 ± 0.0141 |
| pt | 0.9401 ± 0.0191 | 0.9405 ± 0.0186 |
| it | 0.9056 ± 0.0321 | 0.9090 ± 0.0298 |
| ru | 0.8614 ± 0.0215 | 0.8624 ± 0.0215 |
| ig | 0.9726 ± 0.0088 | 0.9729 ± 0.0088 |
| yo | 0.9551 ± 0.0235 | 0.9553 ± 0.0233 |
| ha | 0.9305 ± 0.0185 | 0.9315 ± 0.0185 |
| sw | 0.9550 ± 0.0066 | 0.9557 ± 0.0067 |

Источник: результаты экспериментов, проведённых в рамках настоящего исследования.

Игбо (0.9726 ± 0.0088 , 1553 примера, 55.51 % положительных) и суахили (0.9550 ± 0.0066 , 4190 примеров, 56.83 % положительных) показывают наилучшие результаты благодаря настройкам модели, высокой доле ненавистнических комментариев и стабильности данных. Русский (0.8614 ± 0.0215 , 3287 примеров) и английский (0.8732 ± 0.0134 , 41777 примеров) имеют более низкую производительность из-за одних и тех же выявленных причин в режиме бинарной классификации. Французский (0.9260 ± 0.0338) и итальянский (0.9056 ± 0.0321) демонстрируют высокую вариабельность, вероятно, из-за малого объема данных (1474 и 1699 примеров) и их неоднородности.

Средние F1 Macro по классам английского мультиклассового набора (en_m) представлены в таблице 8.

Из таблицы 8 видно, что наилучшие результаты достигнуты для religion (0.8416 ± 0.0094) и sex_orientation (сексуальное отношение: Законодательство Российской Федерации, осуждающее пропаганду любых нетрадиционных сексуальных отношений) (0.8161 ± 0.0090), Класс miscellaneous (0.6260 ± 0.0106) показывает наименьшую производительность из-за неоднородности данных. Низкие стандартные отклонения подтверждают стабильность модели.

с) Сравнительный анализ моделей

В качестве базовых для сравнения были выбраны XLM-R, HateBERT и mBERT, обученные в идентичных условиях для 11 языков. Такой выбор обусловлен методологической целесообразностью и научной строгостью: XLM-R представляет собой современный мультязычный трансформер, демонстрирующий высокую эффективность в задачах межязыковой обработки текста; HateBERT является специализированной моделью, дооб-

Таблица 8

Средняя F1 Macro по меткам

| Класс | F1 макро \pm Std |
|----------------------|---------------------|
| race | 0.7956 ± 0.0059 |
| religion | 0.8416 ± 0.0094 |
| gender | 0.7322 ± 0.0078 |
| sex_orientation | 0.8161 ± 0.0090 |
| miscellaneous | 0.6260 ± 0.0106 |
| Среднее (\pm Std) | 0.7623 ± 0.0030 |

Источник: результаты экспериментов, проведённых в рамках настоящего исследования.

ученной на корпусах токсичных и враждебных высказываний, что делает её особенно релевантной для задачи выявления ненавистнических высказываний; mBERT в свою очередь выступает как общепризнанная мультиязычная базовая модель, широко используемая в исследовательской литературе, обеспечивающая корректность и воспроизводимость сравнений. Оценка проводилась по F1 Macro и Accuracy (табл. 9).

Все модели показывают высокую производительность с глобальными F1 Macro от 0.8978 (mBERT) до 0.9027 (наша модель).

Наша модель демонстрирует лучшие результаты глобально (F1 Macro 0.9027 ± 0.0654 , Accuracy 0.9039 ± 0.0641), особенно на языках с ограниченными ресурсами: игбо (0.9492 ± 0.0574), йоруба (0.9168 ± 0.0754), португальский (0.9211 ± 0.1020).

Высокая эффективность достигается за счёт уникальной архитектуры: языковая адаптация по семьям языков, языковое внимание, комбинированный пулинг (max + mean), и настройка весов потерь по языкам.

Низкие показатели на английском (0.8551 ± 0.0246) и русском (0.8476 ± 0.0287) объясняются приоритетом мультиязычной сбалансированности и ограничениями базового HateBERT (англоязычные данные).

Заключение

В данной статье разработана и экспериментально проверена мультиязычная модель выявления ненавистнических высказываний, основанная на архитектуре HateBERT с внедрением языковых адаптационных слоёв, механизмов внимания и двойной классификационной головы (бинарной и мультиклассовой). Такая архитектура позволила учитывать морфологические особенности и обеспечивать высокую точность на языках с ограниченными ресурсами, включая африканские. Эксперименты подтвердили высокую эффективность модели (глобальный F1 = 0.9013) и превосходство над HateBERT, XLM-R и mBERT на низкоресурсных языках, таких как игбо (0.9492 ± 0.0574), йоруба (0.9168 ± 0.0754) и португальский (0.9211 ± 0.1020).

Научная новизна заключается в адаптации англоязычной трансформерной архитектуры к мультиязычной среде с элементами объяснимости. Практическая ценность состоит в применении модели для мониторинга и анализа токсичных комментариев. В дальнейшем планируется интеграция мультимодальных признаков и расширение корпуса африканских языков.

Таблица 9

Сравнение производительности моделей

| Язык | HateBERT F1 | HateBERT Acc. | XML-R F1 | XML-R Acc. | mBERT F1 | mBERT Acc. | Наша модель F1 | Наша модель Acc. |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| en | 0.9305 ±0.0666 | 0.9305 ±0.0665 | 0.8960 ±0.0527 | 0.8961 ±0.0526 | 0.8814 ±0.0409 | 0.8815 ±0.0409 | 0.8551 ±0.0246 | 0.8551 ±0.0247 |
| fr | 0.8714 ±0.0976 | 0.8717 ±0.0977 | 0.8611 ±0.0883 | 0.8615 ±0.0884 | 0.8471 ±0.0708 | 0.8473 ±0.0707 | 0.8951 ±0.1180 | 0.8964 ±0.1160 |
| de | 0.8974 ±0.0751 | 0.8976 ±0.0748 | 0.9229 ±0.0636 | 0.9230 ±0.0636 | 0.9243 ±0.0604 | 0.9244 ±0.0603 | 0.8981 (±0.0593) | 0.8983 ±0.0590 |
| es | 0.8797 ±0.0757 | 0.8800 ±0.0758 | 0.8950 ±0.0698 | 0.8954 ±0.0698 | 0.8881 ±0.0702 | 0.8891 ±0.0693 | 0.8827 ±0.0695 | 0.8833 ±0.0691 |
| pt | 0.8858 ±0.0853 | 0.8858 ±0.0852 | 0.8916 ±0.0761 | 0.8916 ±0.0761 | 0.8864 ±0.0728 | 0.8865 ±0.0728 | 0.9211 (±0.1020) | 0.9216 ±0.1011 |
| it | 0.8876 ±0.0846 | 0.8893 ±0.0838 | 0.8944 ±0.0718 | 0.8977 ±0.0687 | 0.8928 ±0.0742 | 0.8958 ±0.0711 | 0.9033 ±0.0949 | 0.9082 ±0.0874 |
| ru | 0.8643 ±0.0368 | 0.8658 ±0.0373 | 0.9564 ±0.0409 | 0.9569 ±0.0407 | 0.9613 ±0.0489 | 0.9617 ±0.0486 | 0.8476 ±0.0287 | 0.8495 ±0.0294 |
| ig | 0.9261 ±0.0550 | 0.9266 ±0.0548 | 0.8911 ±0.0506 | 0.8927 ±0.0492 | 0.8902 ±0.0476 | 0.8919 ±0.0467 | 0.9492 ±0.0574 | 0.9496 ±0.0568 |
| yo | 0.8890 ±0.0676 | 0.8895 ±0.0676 | 0.8444 ±0.0548 | 0.8457 ±0.0542 | 0.8572 ±0.0478 | 0.8582 ±0.0479 | 0.9168 ±0.0754 | 0.9171 ±0.0753 |
| ha | 0.9101 ±0.0749 | 0.9126 ±0.0716 | 0.8903 ±0.0627 | 0.8923 ±0.0612 | 0.8883 ±0.0603 | 0.8908 ±0.0578 | 0.9092 ±0.0714 | 0.9121 ±0.0681 |
| sw | 0.9645 ±0.0260 | 0.9650 ±0.0258 | 0.9571 ±0.0243 | 0.9578 ±0.0239 | 0.9583 ±0.0214 | 0.9590 ±0.0211 | 0.9512 ±0.0207 | 0.9518 ±0.0206 |
| Глобальный | 0.9006 ±0.0675 | 0.9013 ±0.0672 | 0.9000 ±0.0594 | 0.9010 ±0.0587 | 0.8978 ±0.0557 | 0.8987 ±0.0550 | 0.9027 ±0.0654 | 0.9039 ±0.0641 |

Источник: результаты экспериментов, проведённых в идентичных условиях для всех моделей в рамках настоящего исследования.

Список источников

Alatawi, H. S., Alhothali, A. M., Moria, K. M. (2021). [Обнаружение расистских высказываний с использованием доменно-специфичных встраиваний слов и моделей глубокого обучения BERT]. *IEEE Access*, 9, 106363–106374. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3100435> (In Eng.)

Alshaalan, R., Al-Khalifa, H. (2020). [Выявление ненавистнических высказываний в саудовском Твиттере с использованием глубокого обучения]. *Proceedings of the 5th Arabic Natural Language Processing Workshop (WANLP)* (pp. 12–23). Barcelona, Spain (Online). <https://doi.org/10.3390/app10238614> (In Eng.)

Aluru, S. S., Mathew, B., Saha, P. (2020). [Модели глубокого обучения для мультязычного обнаружения ненавистнических высказываний]. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2004.06465> (In Eng.)

Caselli, T., Basile, V., Mitrović, J., Granitzer, M. (2021). [HateBERT: повторное обучение модели BERT для выявления оскорбительной речи на английском языке]. *Proceedings of the 5th Workshop on Online Abuse and Harms (WOAH)* (pp. 17–25). <https://doi.org/10.18653/v1/2021.woah-1.3> (In Eng.)

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., Toutanova, K. (2019). [BERT: предварительное обучение двунаправленных трансформеров для понимания языка]. *Proceedings of NAACL-HLT 2019* (pp. 4171–4186). Minneapolis, MN. <https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423> (In Eng.)

Hashmi, E., Yildirim, S. Y., Hameed, I. A., Yamin, M. M., Ullah, M., Abomhar, M. (2024). [Повышение эффективности мультязычного обнаружения ненавистнических высказываний: от языковых особенностей к кросслингвистической интеграции]. *IEEE Access*, 12, 3452987–3452999. (In Eng.)

Lundberg, S. M., Lee, S.-I. (2017). [Единый подход к интерпретации предсказаний моделей]. *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS'17)* (pp. 4768–4777). Long Beach: NIPS. <https://arxiv.org/abs/1705.07874> (In Eng.)

Mathew, B., Saha, P., Yimam, S. M., Biemann, C., Goyal, P., Mukherjee, A. (2020). [HateXplain: эталонный датасет для интерпретируемого обнаружения ненавистнических высказываний]. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2004.06465> (In Eng.)

Muhammad, S. H., Abdulmumin, I., & Ayele, A. A. (2025). [AfriHate: мультязычная коллекция датасетов ненавистнических и оскорбительных высказываний для африканских языков]. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2501.08284> (In Eng.)

Ribeiro, M. T., Singh, S., Guestrin, C. (2016). [«Почему я должен вам доверять?»: объяснение предсказаний любого классификатора]. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '16)* (pp. 1135–1144). New York: ACM. (In Eng.)

Sundararajan, M., Taly, A., Yan, Q. (2017). [Аксиоматическое распределение вклада в глубоких сетях]. *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning (ICML)* (Vol. 70, pp. 3319–3328). PMLR. (In Eng.)

Tonneau, M., De Castro, P. V., Lasri, K. (2024). [NaijaHate: оценка систем обнаружения ненавистнических высказываний в нигерийском Twitter на основе репрезентативных данных]. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2403.19260> (In Eng.)

Tonneau, M., Liu, D., Fraiberger, S. (2024). [От языков к географии: оценка культурных смещений в датасетах ненавистнических высказываний]. *Proceedings of the 8th Workshop on Online Abuse and Harms (WOAH 2024)* (pp. 283–311). Mexico City, Mexico: Association for Computational Linguistics. (In Eng.)

Vidgen, B., Derczynski, L. (2023). [Проблемы мультиязычного обнаружения ненавистнических высказываний: обзор]. *Computational Linguistics Review*, 1 (1), 1–23. (In Eng.)

Vidgen, B., Thrush, T., Waseem, Z. (2021). [Обучение на худших примерах: динамические датасеты для повышения эффективности обнаружения ненавистнических высказываний онлайн]. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 1: Long Papers)* (pp. 1667–1682). Online: Association for Computational Linguistics. (In Eng.)

Wang, S., Liu, J., Ouyang, X., Sun, Y. (2020). [Мультиязычное обучение для идентификации оскорбительного языка с использованием предварительно обученных языковых моделей]. *Proceedings of the Fourteenth Workshop on Semantic Evaluation (SemEval-2020)* (pp. 1411–1417). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.semeval-1.187> (In Eng.)

Zhang, H., Harris, L. T., Moosavi, N. S. (2024). [За пределами ненавистнических высказываний: вызовы и возможности NLP при выявлении дегуманизирующего языка]. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.13818> (In Eng.)

References

Alatawi, H. S., Alhothali, A. M., & Moria, K. M. (2021). Detecting White Supremacist Hate Speech Using Domain Specific Word Embedding with Deep Learning and BERT. *IEEE Access*, 9, 106363–106374. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3100435>

Alshaalan, R., & Al-Khalifa, H. (2020). Hate Speech Detection in Saudi Twittersphere: A Deep Learning Approach. [In *Proceedings of the 5th Arabic Natural Language Processing Workshop (WANLP)*] (pp. 12–23). Barcelona, Spain (Online). <https://doi.org/10.3390/app10238614>

Aluru, S. S., Mathew, B., & Saha, P. (2020). Deep Learning Models for Multilingual Hate Speech Detection. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2004.06465>

Caselli, T., Basile, V., Mitrović, J., & Granitzer, M. (2021). HateBERT: Retraining BERT for Abusive Language Detection in English. [In *Proceedings of the 5th Workshop on Online Abuse and Harms (WOAH)*] (pp. 17–25). <https://doi.org/10.18653/v1/2021.woah-1.3>

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. [In *Proceedings*

of *NAACL-HLT 2019*] (pp. 4171–4186). Minneapolis, Minnesota, USA. <https://doi.org/10.18653/v1/N19-1423>

Hashmi, E., Yildirim, S. Y., Hameed, I. A., Yamin, M. M., Ullah, M., & Abomhar, M. (2024). Enhancing Multilingual Hate Speech Detection: From Language-Specific Insights to Cross-Linguistic Integration. *IEEE Access*, 12, 3452987–3452999.

Lundberg, S. M., & Lee, S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. [In *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS'17)*] (pp. 4768–4777). Long Beach: NIPS. <https://arxiv.org/abs/1705.07874>

Mathew, B., Saha, P., Yimam, S. M., Biemann, C., Goyal, P., & Mukherjee, A. (2020). HateXplain: A Benchmark Dataset for Explainable Hate Speech Detection. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2004.06465>

Muhammad, S. H., Abdulmumin, I., & Ayele, A. A. (2025). AfriHate: A Multilingual Collection of Hate Speech and Abusive Language Datasets for African Languages. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2501.08284>

Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). “Why should I trust you?”: Explaining the predictions of any classifier. [In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '16)*] (pp. 1135–1144). New York: ACM.

Sundararajan, M., Taly, A., & Yan, Q. (2017). Axiomatic Attribution for Deep Networks. [In *Proceedings of the 34th International Conference on Machine Learning (ICML)*] (Vol. 70, pp. 3319–3328).

Tonneau, M., De Castro, P. V., & Lasri, K. (2024). NaijaHate: Evaluating Hate Speech Detection on Nigerian Twitter Using Representative Data. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2403.19260>

Tonneau, M., Liu, D., & Fraiberger, S. (2024). From Languages to Geographies: Towards Evaluating Cultural Bias in Hate Speech Datasets. [In *Proceedings of the 8th Workshop on Online Abuse and Harms (WOAH 2024)*] (pp. 283–311). Mexico City, Mexico: Association for Computational Linguistics.

Vidgen, B., & Derczynski, L. (2023). Challenges in Multilingual Hate Speech Detection: A Survey. *Computational Linguistics Review*, 1 (1), 1–23.

Vidgen, B., Thrush, T., & Waseem, Z. (2021). Learning from the Worst: Dynamically Generated Datasets to Improve Online Hate Detection. [In *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 11th International Joint Conference on Natural Language Processing (Volume 1: Long Papers)*] (pp. 1667–1682). Online: Association for Computational Linguistics.

Wang, S., Liu, J., Ouyang, X., & Sun, Y. (2020). Galileo at SemEval-2020 Task 12: Multi-lingual Learning for Offensive Language Identification Using Pre-trained Language Models. [In *Proceedings of the Fourteenth Workshop on Semantic Evaluation (SemEval-2020)*] (pp. 1411–1417). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.semeval-1.187>

Zhang, H., Harris, L. T., & Moosavi, N. S. (2024). Beyond Hate Speech: NLP's Challenges and Opportunities in Uncovering Dehumanizing Language. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.13818>

Сведения об авторах

Мбеле Оссийи Люк Прюсель — аспирант, Институт компьютерных наук и кибербезопасности; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; <https://orcid.org/0009-0002-3090-2809> (Российская Федерация, 195251, г. Санкт-Петербург; вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д. 29, литера Б; e-mail: lucprucell@gmail.com).

Дробинцев Павел Дмитриевич — кандидат технических наук, доцент, Институт компьютерных наук и кибербезопасности; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; <https://orcid.org/0000-0003-1116-7765> (Российская Федерация, 195251, г. Санкт-Петербург; вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д. 29, литера Б; e-mail: drobintsev_pd@spbstu.ru).

Mbele Ossiya Luc Prucell — PhD student, Institute of Computer Science and Cybersecurity; Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; <https://orcid.org/0009-0002-3090-2809> (Russian Federation, St. Petersburg; e-mail: lucprucell@gmail.com).

Pavel D. Drobintsev — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute of Computer Science and Cybersecurity; Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; <https://orcid.org/0000-0003-1116-7765> (Russian Federation, St. Petersburg; e-mail: drobintsev_pd@spbstu.ru).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 332.1

JEL classification: L26, O14, O25

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-13>

Целевые ориентиры промышленной политики в условиях цифровой трансформации¹

Е. С. Мезенцева

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0002-6213-6136>

Автор для корреспонденции: Е. С. Мезенцева (mezentseva.es@uiec.ru).

Аннотация. В статье исследовано развитие промышленности в России по состоянию на 2024 год с учетом тенденций цифровой трансформации и необходимости достижения технологического лидерства на базе анализа публикаций, нормативно-правовой информации и данных статистики. Проведен анализ основных стратегических документов государственной промышленной политики на предмет выявления целевых ориентиров, соответствующих формированию технологического суверенитета и цифровой трансформации промышленности России, оценена их результативность. Проведен анализ по блокам инноваций, технологий и цифровой трансформации.

Ключевые слова: промышленность, цифровая трансформация, промышленная политика, технологическое лидерство

Industrial policy targets in the context of digital transformation

Е. С. Mezentseva

Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-6213-6136>

Corresponding author: E. S. Mezentseva (mezentseva.es@uiec.ru).

Abstract. The article examines the development of industry in Russia in 2024, taking into account the trends of digital transformation and the need to achieve technological leadership. It is based on the analysis of publications, regulatory information and statistical data. We carried out the analysis of the main strategic documents of the state industrial policy in order to identify targets corresponding to the formation of technological sovereignty and digital transformation of Russian industry, and their effectiveness has been assessed. We carried out the analysis of industrial development indicators on the blocks of innovation, technology and digital transformation.

Keywords: industry, digital transformation, industrial policy, technological leadership

¹ © Мезенцева Е. С. Текст. 2026.

Введение

Промышленность является ключевым драйвером развития экономики России и играет важнейшую роль в условиях перехода от импортозамещения к достижению технологического лидерства. Цифровая трансформация промышленности ведет к созданию гибкого и высокоэффективного распределенного сетевого производства на основе цифровых платформ, объединяющих всех участников цепочки создания стоимости в единую экосистему.

Необходимым условием для структурной трансформации промышленности с учетом мировых трендов цифровизации, платформизации и важности формирования технологического суверенитета российской экономики является грамотная промышленная политика.

Взаимосвязь между цифровой трансформацией и инновационным развитием рассматривается, в частности, в статье (Туккель и др., 2019), где исследуются преимущества и проблемы цифровизации для развивающихся экономик. Вопросы технологического развития промышленного комплекса в условиях цифровизации рассматриваются в трудах В.В. Акбердиной (Акбердина, Пьянкова, 2021; Акбердина, 2018).

А.И. Татаркин (2008) писал о том, что промышленная политика, или «*industrial policy*», означает не только «секторальную политику», но и политику государства по содействию выхода промышленности из структурного кризиса за счет: 1) преодоления несоответствия между возникающей новой технико-экономической парадигмой промышленного развития и институциональной структурой общества; 2) завершения структурной перестройки промышленности в рамках единства технологической, отраслевой и институциональной перестроек как важнейшего этапа циклического развития структуры промышленности. Современные подходы к формированию промышленной политики изложены в работах О.А. Романовой и А.О. Пономаревой (2020), где они говорят о многомерной и сетевой промышленной политике, о целесообразности встраивания промышленной политики в общий вектор стратегических документов России.

В нашем предыдущем исследовании (Мезенцева, 2024) был предложен методический подход к оценке системной устойчивости промышленности, включающий группировку показателей по функциональным блокам: производственный, финансовый, инновационный, структурный, цифровой трансформации, институциональный и др. Был проведен анализ динамики показателей системной

устойчивости промышленности России за 2000–2024 гг. В качестве основных тенденций развития промышленности России были определены тенденции, связанные с важностью процессов цифровой трансформации, формированием промышленных экосистем и платформизацией.

В данном исследовании мы сосредоточимся более подробно на блоках, связанных с инновациями, технологической структурой, а также цифровой трансформацией промышленности. Также осветим проблемы формирования промышленной политики, способствующей развитию промышленности России в соответствии с трендами цифровизации.

Материалы и методы

Методологической базой исследования являются сетевой и институциональный подходы. Применены методы теоретического обобщения, системного, логического, структурного, сравнительно-го анализа, статистические методы.

В процессе исследования проанализирована динамика изменения показателей развития промышленности России, инвестиций и инноваций в промышленности, цифровизации российских промышленных предприятий. Базой исследования явились публикации Scopus, WoS, Elibrary, данные Росстата, нормативно-правовые акты Российской Федерации в сфере развития промышленности.

Результаты

Рассмотрим нормативные документы, составляющие основу государственной промышленной политики в России, и выделим показатели (целевые ориентиры), связанные с изменениями в промышленности в условиях цифровой трансформации, платформизации и формирования технологического лидерства.

Ключевым документом в сфере стратегирования развития промышленности является государственная программа «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»¹, в качестве главной цели которой выступает формирование инновационной экономики и повышение конкурентоспособности отечественной промышленности.

¹ Государственная программа Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Утверждена постановлением Правительства от 15 апреля 2014 г. №328. [Электронный ресурс]. minpromtorg.gov.ru (дата обращения: 10.07.2025).

Распоряжением Правительства от 9.09.2023 г. № 2436-р утверждена обновленная Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности России до 2030 г. и на период до 2035 г.¹ Ее целевые ориентиры: увеличение в течение 12 лет доли обрабатывающей промышленности в структуре ВВП до 15 %, рост числа организаций, осуществляющих технологические инновации; достижение технологического суверенитета, задачи по цифровой трансформации отрасли, создание эффективной инфраструктуры и системы поддержки внедрения российского программного обеспечения и программно-аппаратных комплексов, формирование новой модели занятости, учитывающей дальнейшее развитие автоматизации и роботизации промышленности. В 2023 г. актуализировано Стратегическое направление в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности². Основные акценты: учет задачи по переходу на использование отечественного инженерного и промышленного софта; создание универсальных промышленных маркетплейсов (по принципу «от идеи до рынка»), переход предприятий на более гибкую модель конвейерного производства. В 2021 г. принят Единый план по достижению национальных целей развития РФ на период до 2024 г. и на плановый период до 2030 г.³

Среди показателей промышленного развития в нем указаны: реальный рост экспорта несырьевых неэнергетических товаров не менее 70 % по сравнению с показателем 2020 г.; достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики. Индекс импортозамещения в обрабатывающей промышленности (база — 2017 г.) должен вырасти с 106 % в 2020 г. до 123 % в 2030 г. Указ Президента РФ от 07.05.2024 г. № 9 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 г. и на перспективу

¹ Правительство утвердило обновлённую Сводную стратегию развития обрабатывающей промышленности России до 2030 года и на период до 2035 года. [Электронный ресурс]. <http://government.ru/news/49489> (дата обращения: 10.08.2025).

² Стратегическое направление в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, относящейся к сфере деятельности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. Утверждено распоряжением Правительства РФ от 7.11.2023 г. №3113-р. [Электронный ресурс]. <http://static.government.ru/media/files/OwFdjc3nMWk3BqAUbjqdJImPl3NxqRIS.pdf> (дата обращения: 10.05.2025).

³ Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. N 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». [Электронный ресурс]. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402829258> (дата обращения: 7.04.2025).

до 2036 г.»¹ внес коррективы и добавил ряд новых ориентиров: обеспечение к 2030 г. прироста объема экспорта несырьевых неэнергетических товаров не менее чем на 2/3 по сравнению с показателем 2023 г.; вхождение РФ к 2030 г. в число 25 ведущих стран мира по показателю плотности роботизации; создание необходимой инфраструктуры для технологической и промышленной кооперации и освоения новых рынков; увеличение к 2030 г. доли отечественных высокотехнологичных товаров и услуг, созданных на основе собственных линий разработки, в общем объеме потребления таких товаров и услуг в РФ в 1,5 раза по сравнению с уровнем 2023 г.; достижение к 2030 г. «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики; обеспечение в 2025–2030 гг. темпа роста инвестиций в отечественные решения в сфере информационных технологий в 2 раза выше темпа роста ВВП; переход к 2030 г. не менее 80 % российских организаций ключевых отраслей экономики на использование российского программного обеспечения в системах, обеспечивающих основные производственные и управленческие процессы (Мезенцева, 2024б).

Авторским коллективом Института экономики УрО РАН предлагался ряд методических подходов к оценке эффективности документов государственной поддержки промышленности. Так, в статье Г.Б. Коровина (2021) проведено сопоставление затрат на реализацию госпрограммы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» и отдельных важных индикаторов развития обрабатывающей промышленности. В период реализации Программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» с 2014 г. наблюдается «оживление» темпов роста добавленной стоимости, создаваемой российской обрабатывающей промышленностью в целом. Структурные показатели сектора обрабатывающих производств демонстрировали инерционную динамику, которую сложно сопоставить с ростом затрат государства на стимулирование промышленности. Оценить эффективность реализации Программы нами предложено на базе сопоставления плановых и фактических показателей ее реализации (табл. 1).

¹ Указ Президента РФ от 07.05.2024 №9 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.». [Электронный ресурс]. <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102792289&backlink=1&&nd=606911096> (дата обращения: 10.07.2025).

Плановые и фактические показатели реализации ГП «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»

| Показатели | Ед. изм. | 2021 | 2022 | 2022 | 2023 | 2023 | 2024 | 2024 |
|---|------------|------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | Базовое значение | План | Факт | План | Факт | План | Факт |
| Индекс производства по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» по отношению к предыдущему году | % | 101,2 | 94,6 | 98,7 | 102,1 | 107,5 | 102,1 | 108,5 |
| Индекс физического объема инвестиций в основной капитал по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства», в % к 2020 г. | % | 104,3 | 86,4 | 96,8 | 91,1 | 120,8 | 99,9 | 147,8 |
| Объем экспорта товаров отраслей промышленности (в сопоставимых ценах) | Млрд долл. | 114,2 | — | — | 90,0 | 86,03 | 94,0 | 89,4 |
| Соотношение инвестиций в основной капитал и валовой добавленной стоимости обрабатывающих производств | % | 21,0 | 15,1 | 18 | 15,6 | 20,66 | 22,0 | — |

Источник: сост. автором на основании данных АИС ГП (Аналитическая информационная система мониторинга и анализа исполнения государственных программ). [Электронный ресурс]. <https://programs.economy.gov.ru/gp/-/subject/-/direction/5/gp/13/gpVersion/10458/> (дата обращения: 10.10.2025).

Что касается актуальных данных, то в рамках госпрограммы в 2024 г. были получены следующие результаты, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Результаты реализации ГП «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» в 2024 г.

| Показатель | План | Факт |
|--|-----------|-----------|
| Доля российской техники на внутреннем рынке (продукция специализированного машиностроения) | 20 % | 31 % |
| Доля стратегически значимых лекарственных средств, производство которых осуществляется по полному производственному циклу на территории России | 89 % | 94,9 % |
| Уровень доверия к знаку системы подтверждения качества российской продукции составил | 36 % | 88 % |
| Доля российской продукции железнодорожного машиностроения на внутреннем рынке | 89 % | 95 % |
| Количество утвержденных государственных первичных эталонов | 15 единиц | 17 единиц |

Источник: сост. автором на основании данных АИС ГП (Аналитическая информационная система мониторинга и анализа исполнения государственных программ). [Электронный ресурс]. <https://programs.economy.gov.ru/gp/-/subject-/direction/5/gp/13/gpVersion/10458/> (дата обращения: 10.09.2025).

Анализ стратегических документов показал, что в них имеется акцент на экосистемный подход, платформизацию и кастомизацию промышленного производства. В последние годы фактические показатели развития промышленности в большинстве случаев превосходят целевые показатели.

Обратимся к актуальным данным о развитии промышленности России в аспекте формирования технологического лидерства и цифровой трансформации. Здесь мы вернемся к методике, представленной автором в предыдущих трудах, и приведем блоки показателей, относящихся к инновациям, технологиям и цифровой трансформации (табл. 3).

Промышленность играет значительную роль в экономике России. Доля обрабатывающих отраслей в валовой добавленной стоимости в России составляла в 2020 г. 15 % (14,2 трлн руб.)¹. Затраты на внедрение и использование цифровых технологий в обрабатывающей промышленности России по итогам 2019 г. составили 158,2 млрд руб. Доля этих затрат в валовой добавленной стоимости

¹ Национальный проект «Производительность труда». [Электронный ресурс]. https://www.economy.gov.ru/material/directions/nacionalnyy_proekt_proizvoditelnost_truda/ (дата обращения: 10.09.2025).

Отдельные показатели оценки системной устойчивости промышленного комплекса

| Блоки показателей | Перечень показателей |
|-----------------------------------|---|
| Показатели цифровой трансформации | Доля затрат на внедрение и использование цифровых технологий в отраслях промышленности РФ; Доля затрат на внедрение и использование цифровых технологий в ВВП; Масштабы роботизации производства, применения специального программного обеспечения, средств промышленного Интернета вещей, искусственного интеллекта и т. д.; Затраты на цифровизацию на 1 млн рублей выпуска промышленной продукции |
| Инновационный блок | Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП; Доля высокотехнологичных и среднетехнологичных предприятий в объеме выручки компаний промышленности; Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг; Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации в общем числе обследованных организаций |
| Технологический блок | Используемые передовые производственные технологии; Разработанные передовые производственные технологии |

Источник: сост. автором.

отрасли — 1,2 %. Лидерами по инвестициям в цифровизацию стали предприятия машиностроительного и металлургического комплексов с затратами 82,2 и 49,1 млрд руб. соответственно.

В 2024 г. индекс промышленного производства составил 105,6 %. При этом если в добыче полезных ископаемых отмечался незначительный спад — 99,1 %, то в обрабатывающей промышленности наблюдался уверенный рост производства — 108,5 %. В 2023 г. промышленность формировала 32,7 % ВВП РФ (в 2022 г. — 33,3 %)¹. За 2021–2024 гг. индекс промышленного производства составил 117,9 %.

Можно отметить опережающие темы роста индекса производства по высокотехнологичным обрабатывающим видам экономической деятельности России в 2023–2024 гг., которые составили 116–117 % (рис.).

¹ ЕМИСС. [Электронный ресурс]. <https://www.fedstat.ru/indicator/59450> (дата обращения: 10.09.2025).

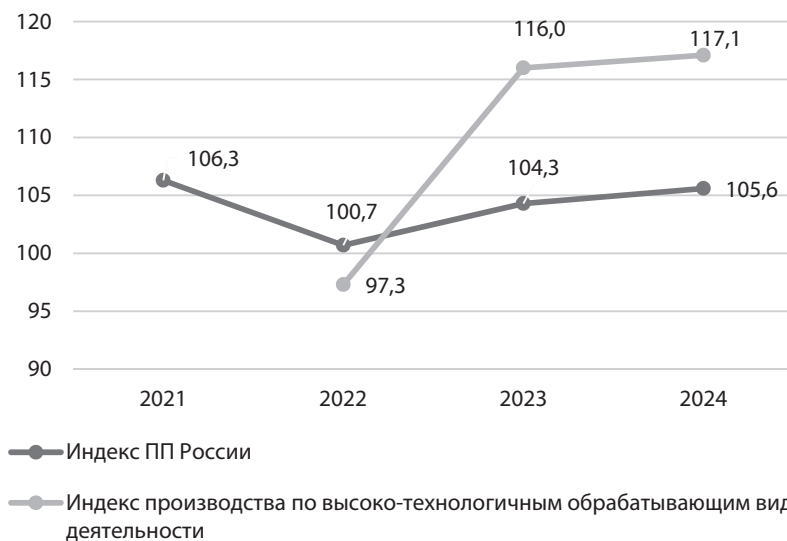


Рис. Индекс промышленного производства и индекс производства по высоко-технологичным обрабатывающим видам экономической деятельности за период 2021–2024 гг., % к предыдущему периоду (источник: Росстат. [Электронный ресурс]. <https://www.fedstat.ru/indicator/57807>; <https://rosstat.gov.ru/folder/11189> (дата обращения: 10.09.2025))

К показателям технологической структуры следует отнести долю продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей экономики в ВВП (табл. 4); долю высокотехнологичных и среднетехнологичных компаний в объеме выручки компаний промышленности. Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП относительно уровня 2011 г. в 2022 г. выросла на 8,5 %.

Таблица 4

Показатели развития высокотехнологичных отраслей

| Показатель | Значение показателя по годам | | | |
|--|------------------------------|------|------|------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП | 22,9 | 21,9 | 23,6 | 23,3 |
| Доля высокотехнологичной продукции в ВВП | 19,2 | 19,0 | 19,8 | — |

Источник: Росстат [Электронный ресурс]. <https://statbase.ru/data/rus-share-of-high-tech-products-in-gross-regional-product-national-stat/> (дата обращения: 02.10.2025).

Инновационная активность предприятий в России по-прежнему носит ограниченный характер: за последние годы не наблюдается заметной динамики ее роста, так же как и динамики доли организаций, осуществляющих технологические инновации. Доля предприятий, осуществляющих инновационную деятельность, в 2021 г. составляла 11,9 %, в 2022 г. — 11 %, в 2023 г. — 11,3 %, в 2024 г. — 12,5 %¹. В обрабатывающих отраслях доля организаций, осуществляющих технологические инновации, стабильно выше, чем в добывающих секторах, и составляет около 28 % (табл. 5).

Можно наблюдать рост разработки и использования передовых производственных технологий на предприятиях России (табл. 6).

Рассмотрим показатели цифровой трансформации промышленности. Около 85 % компаний используют те или иные виды специальных программных средств, при этом около 80 % используют отечественные разработки (Kumar & Korovin, 2023). В таблице 7 представлены данные о затратах на внедрение и использование цифровых технологий; наблюдается значительный темп роста данного показателя на предприятиях промышленности России.

Около 30 % промышленных предприятий используют специальные программные средства для проектирования (CAD/CAE/CAM/CAO), из них около 17 % — отечественные. Доля промышленных компаний, использующих специальные программные средства для управления автоматизированным производством и технологическими процессами, составляет более 35 % (Лаврикова и др., 2024).

Отметим число организаций в сфере обработки, которые используют те или иные виды цифровых технологий в 2024 г.:

- Аддитивные технологии — 1522;
- «Цифровой двойник» — 654;
- Центры обработки данных (ЦОД) — 1830;
- Электронный документооборот — 15755².

¹ Источник: Росстат [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/folder/11186> (дата обращения: 12.10.2025).

² Росстат. [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science#> (дата обращения: 10.10.2025).

Таблица 5

Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций, %

| Показатель | Данные показателя по годам | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Российская Федерация, всего | 19,8 | 21,6 | 23,0 | 23,0 | 22,8 | 22,7 | 24,5 |
| Промышленное производство, в т. ч.: | 18,5 | 20,0 | 21,5 | 20,9 | 20,3 | 20,3 | 21,8 |
| Обрабатывающие производства | 27,9 | 28,0 | 29,2 | 28,5 | 27,7 | 27,6 | 28,7 |
| Добывающие производства | 9,0 | 9,7 | 9,5 | 10,3 | 10,0 | 9,9 | 10,1 |

Источник: Росстат. [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/statistics/science#> (дата обращения: 10.10.2025).

Таблица 6

Разработка и использование передовых производственных технологий в 2021–2023 гг.

| Показатель | Данные показателя по годам | | | |
|---|----------------------------|--------|--------|----------------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2023 к 2021, % |
| Использование передовых производственных технологий | 256582 | 269541 | 278632 | 108,6 |
| Разработанные передовые производственные технологии | 2186 | 2621 | 2743 | 125,4 |

Источник: Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: Стат. сб. / Росстат. Москва, 2024. 1081.

Таблица 7

Заграты на внедрение и использование цифровых технологий, млн руб.

| Показатель | Данные показателя по годам | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------|--------------|
| | 2019 | 2023 | 2024 |
| Всего | 2316831416,5 | 4049004,5 | 5244052969,9 |
| Добыча полезных ископаемых | 48067,0 | 89938,3 | 107543273,8 |
| Обрабатывающие производства | 207224,6 | 368652,3 | 459191556,1 |

Источник: ЕМИСС. [Электронный ресурс]. <https://www.fedstat.ru/indicator/59799> (дата обращения: 10.09.2025).

Заключение

Цифровая трансформация отраслей промышленности является важнейшим аспектом, реализация которого является необходимым условием достижения технологического суверенитета России и объ-

явлена одним из приоритетов государственной промышленной политики.

Мы рассмотрели основные аспекты развития промышленности в России по состоянию на 2024 г. с учетом тенденций цифровой трансформации и необходимости достижения технологического лидерства на базе анализа публикаций, нормативно-правовой информации и данных статистики. Проведенный анализ основных стратегических документов государственной промышленной политики позволил выявить целевые ориентиры, которые соответствуют целям формированию технологического суверенитета и цифровой трансформации промышленности России. Оценка результативности документов свидетельствует о положительных тенденциях в выполнении целевых показателей развития промышленности.

Проведенный анализ данных развития промышленности России по авторской методике по блокам инноваций, технологий и цифровой трансформации позволил выявить узкие места и позитивные структурные изменения в промышленности России, которые показывают ее устойчивость в условиях внешних шоков и технологических вызовов. Рекомендации для промышленной политики должны содержать усиление эффективности внедрения инноваций и трансфера технологий.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ для Института экономики УрО РАН, тема НИР «Методология оценки и прогнозирования социально-экономических эффектов трансформации промышленности индустриальных регионов в условиях формирования цифровых платформенных рынков и промышленных экосистем».

Acknowledgements

The article was prepared within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia for the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, the research topic is «Methodology for assessing and predicting the socio-economic effects of industrial transformation in industrial regions in the context of the formation of digital platform markets and industrial ecosystems».

Список источников

Акбердина, В. В. (2018). Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики. *Известия Уральского государственного экономического университета*, 19 (3), 82–99. <https://doi.org/10.29141/2073-1019-2018-19-3-8>.

Акбердина, В. В., Пьянкова, С. Г. (2021). Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 227(1), 292–313. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2021-227-1-292-313>.

Коровин, Г. Б. (2021). Результативность государственной поддержки обрабатывающей промышленности в индустриальных регионах РФ. *Экономика региона*, 17(4), 1256–1269. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-15>.

Лаврикова, Ю.Г., Бодрунов, С. Д., Акбердина, В. В., Коровин, Г. Б. (2024). Цифровая трансформация экономики: особенности индустриально развитых регионов. *Экономическое возрождение России*, 79, 5–24. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2024-1-79-5-24>.

Мезенцева, Е. С. (2024). Оценка эффективности основных документов стратегического развития промышленности РФ и ее индустриальных регионов в современных условиях. *Естественно-гуманитарные исследования*, 6(56), 491–495.

Мезенцева, Е. С. (2024). Тренды изменения системной устойчивости промышленного комплекса России в условиях формирования промышленных экосистем и платформизации. В *Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии* (с. 156–174). Институт экономики УрО РАН. <https://doi.org/10.17059/dti-2024-11>.

Романова, О. А., Пономарева, А. О. (2020). Многовекторная промышленная политика России в условиях формирования нового индустриального ландшафта. *Журнал экономической теории*, 17(2), 276–291. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2020.17-2-3>.

Романова, О. А., Пономарева, А. О. (2020). Промышленная политика: новые реалии, проблемы формирования и реализации. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, 13(2), 25–40. <https://doi.org/10.15838/esc.2020.2.68.2>.

Татаркин, А. И. (2008). Промышленная политика как основа системной модернизации экономики России. *Вестник ЧелГУ*, 19, 15–23.

Туккель, И. Л., Яшин, С. Н., Иванов, А. А. (2019). Цифровая трансформация как важная часть инновационного развития. *Инновации*, 3, 45–50.

Akberdina, V. V. (2022). System resilience of industry to the sanctions pressure in industrial regions: Assessment and outlook. *Journal of New Economy*, 23(4), 26–45. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2022-23-4-2>

References

Akberdina, V. V. (2022). System resilience of industry to the sanctions pressure in industrial regions: Assessment and outlook. *Journal of New Economy*, 23(4), 26–45. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2022-23-4-2>.

Akberdina, V. V., & P'yankova, S. G. (2021). Metodologicheskie aspekty tsifrovoy transformatsii promyshlennosti. *Nauchnye Trudy Vol'nogo Ekonomicheskogo Obshchestva Rossii [Scientific Works of the Free Economic Society of Russia]*, 227(1), 292–313. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2021-227-1-292-313/> (In Russ.).

Akberdina, V. V. (2018). Transformation of the Russian industrial complex in the context of economic digitalization. *Izvestiya Ural'skogo Gosudarstvennogo Ekonomicheskogo Universiteta [Journal of the Ural State University of Economics]*, 19(3), 82–99. <https://doi.org/10.29141/2073-1019-2018-19-3-8/> (In Russ.).

Korovin, G. B. (2021). Effectiveness of state support for the manufacturing industry in the industrial regions of the Russian Federation. *Ekonomika Regiona [Economy of Region]*, 17(4), 1256–1269. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-15/> (In Russ.).

Lavrikova, Yu. G., Bodrunov, S. D., Akberdina, V. V., Korovin, G. B. (2024). Digital transformation of the economy: Specifics of industrially developed regions. *Ekonomicheskoe Vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia]*, 79(1), 5–24. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2024-1-79-5-24/> (In Russ.).

Mezentseva, E. S. (2024). Trends in changes of the Russian industrial complex's systemic resilience in the context of forming industrial ecosystems and platformization. In *Tsifrovaya transformatsiya promyshlennosti: tendentsii, upravlenie, strategii [Digital transformation of industry: Trends, management, strategies]* (p. 156–174). Institut Ekonomiki UrO RAN. <https://doi.org/10.17059/dti-2024-11> (In Russ.).

Mezentseva, E. S. (2024). Evaluation of the effectiveness of the main strategic development documents for the industry of the Russian Federation and its industrial regions in modern conditions]. *Estestvenno-Gumanitarnye Issledovaniya [Natural and Humanitarian Studies]*, 6(56), 491–495.

Romanova, O. A., Ponomareva, A. O. (2020). Russia's multi-vector industrial policy in the context of the new industrial landscape formation. *Zhurnal Ekonomicheskoy Teorii [Russian Journal of Economic Theory]*, 17(2), 276–291. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2020.17-2.3> (In Russ.).

Romanova, O. A., Ponomareva, A. O. (2020). Promyshlennaya politika: novye realii, problemy formirovaniya i realizatsii [Industrial policy: New realities, problems of formation and implementation]. *Ekonomicheskie i Sotsial'nye Peremeny: Fakty, Tendentsii, Prognoz [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast]*, 13(2), 25–40. <https://doi.org/10.15838/esc.2020.2.68.2/> (In Russ.).

Tatarkin, A. I. (2008). Industrial policy as a basis for systemic modernization of the Russian economy. *Vestnik Chelyabinskogo Gosudarstvennogo Universiteta [Bulletin of Chelyabinsk State University]*, 19, 15–23. (In Russ.).

Tukkell, I. L., Yashin, S. N., Ivanov, A. A. (2019). Digital transformation as an important part of innovative development. *Innovatsii [Innovations]*, 3, 45–50. (In Russ.).

Сведения об авторе

Мезенцева Елена Сергеевна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0002-6213-6136> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: mezentseva.es@uiec.ru).

Elena S. Mezentseva — Cand. Sci. (Econ.), Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; <https://orcid.org/0000-0002-6213-6136> (29, Moscovskaya St., Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: mezentseva.es@uiec.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК: 338.436.33; 004.413.4; 338.439.01

JEL classification: Q13, Q14, O30

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-14>

Экономическое обоснование цифровой трансформации промышленной экосистемы¹

А. В. Мельник

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(г. Санкт-Петербург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0003-4992-5189>

Автор для корреспонденции: А. В. Мельник (alexey55557@mail.ru).

Аннотация: В статье представлены особенности развития промышленных предприятий в современных условиях и проведена оценка экономической целесообразности внедрения цифровых технологий. На примере модели внедрения системы на основе AI продемонстрирована потенциальная экономия для промышленного предприятия. В основу работы легли данные по развитию промышленного комплекса России в условиях внешних ограничений, с акцентом на анализ структурных сдвигов в экспорте и приоритетов государственной поддержки обрабатывающих отраслей. Предметом исследования выступает оценка экономической эффективности цифровой трансформации промышленных предприятий. Цель исследования — выполнить экономическое обоснование целесообразности внедрения цифровых технологий в промышленных экосистемах. Методология включает в себя системный анализ статистических данных, сравнительную оценку динамики развития отраслей и экономическое моделирование эффектов от внедрения цифровых решений. Сделаны выводы, что цифровая трансформация является экономически целесообразной и стратегически необходимой мерой, влияющей на операционную эффективность и технологический суверенитет. Перспективы исследования включают сравнительный анализ эффективности цифровых решений в различных подотраслях обрабатывающей промышленности.

Ключевые слова: цифровая трансформация, промышленные предприятия, промышленные экосистемы, экономическое обоснование, цифровые технологии

¹ © Мельник А. В. Текст. 2026.

Economic justification of the digital transformation of the industrial ecosystem

A. V. Melnik

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0003-4992-5189>

Corresponding author: A. V. Melnik (alexey5557@mail.ru).

Abstract. *The article presents the features of the development of industrial enterprises in modern conditions are presented and an assessment of the economic feasibility of introducing digital technologies is carried out. Using the example of an AI-based system implementation model, the potential savings for an industrial enterprise are demonstrated. The work is based on data on the development of the Russian industrial complex under external constraints, with an emphasis on the analysis of structural shifts in exports and priorities of state support for manufacturing industries. The subject of the study is the assessment of the economic efficiency of digital transformation of industrial enterprises. The purpose of the study is to carry out an economic justification of the expediency of introducing digital technologies in industrial ecosystems. The methodology includes a systematic analysis of statistical data, a comparative assessment of the dynamics of industry development and economic modeling of the effects of the introduction of digital solutions. It is concluded that digital transformation is an economically feasible and strategically necessary measure that affects operational efficiency and technological sovereignty. The research prospects include a comparative analysis of the effectiveness of digital solutions in various sub-sectors of the manufacturing industry.*

Keywords: digital transformation, industrial enterprises, industrial ecosystems, economic rationale, digital technologies

Введение

Современные российские предприятия работают в условиях санкций и разрыва международных связей. Чтобы сохранить конкурентоспособность, им необходимо активно внедрять цифровые технологии. Однако простого внедрения недостаточно, поскольку важно понимать, какие решения принесут реальную экономическую выгоду и как измерить их эффективность.

Особую актуальность это приобретает в свете государственных программ по импортозамещению и цифровизации промышленности. Существующие методики оценки часто не учитывают специфику российских предприятий и новые экономические реалии.

Данное исследование предлагает практический подход к оценке цифровой трансформации — от диагностики текущего уровня зрелости до расчета экономического эффекта. Результаты работы помогут

предприятиям принимать обоснованные решения по цифровизации и эффективно использовать ресурсы в условиях новых вызовов.

Для проведения исследования использовался комплексный подход, сочетающий анализ нормативно-правовой базы, статистических данных и практических кейсов. Изучены стратегические документы по развитию промышленности и цифровой трансформации, включая государственные программы и отраслевые стратегии. Для оценки экономической эффективности применен сравнительный анализ показателей деятельности предприятий до и после внедрения цифровых решений, а также метод case-study на примере внедрения системы контроля на основе искусственного интеллекта. На основе собранных данных разработана экономико-математическая модель, позволяющая рассчитать прямые и косвенные эффекты цифровизации, включая показатели окупаемости инвестиций и чувствительности к изменению ключевых параметров. Информационную базу составили данные Росстата, отраслевая статистика, отчеты консалтинговых компаний и публикации в рецензируемых научных журналах.

Результаты исследования

Прежде всего, рассмотрим определение промышленной экосистемы, которая представляет собой сложную систему взаимодействия между различными участниками экономической деятельности (производители, государственные структуры, инновационные центры, потребители и т. д.) с целью объединения ресурсов участников, их технологий, знаний, инфраструктуры для создания синергетического эффекта, способствующего экономическому росту входящих в экосистему предприятий, их устойчивому развитию, повышению конкурентоспособности (рис. 1)¹.

Промышленная экосистема представляет собой динамично организованную форму существования бизнеса, в рамках которой взаимодействие между участниками основывается на единой идее, диктующей ключевую миссию для развития всех участников, а также формируются условия для генерации инноваций и обеспечения циркуляции энергии, продуктов и отходов производства между участниками. Экосистема в экономике может представляться в качестве совокупности элементов (участников), взаимодействующих в процессе разработки, производства и сбыта продукции.

¹ Правительство Российской Федерации. (2023). Распоряжение от 9 сентября 2023 года №2436-р [Электронный ресурс]. <http://government.ru/docs/49489/> (дата обращения: 08.11.2025).

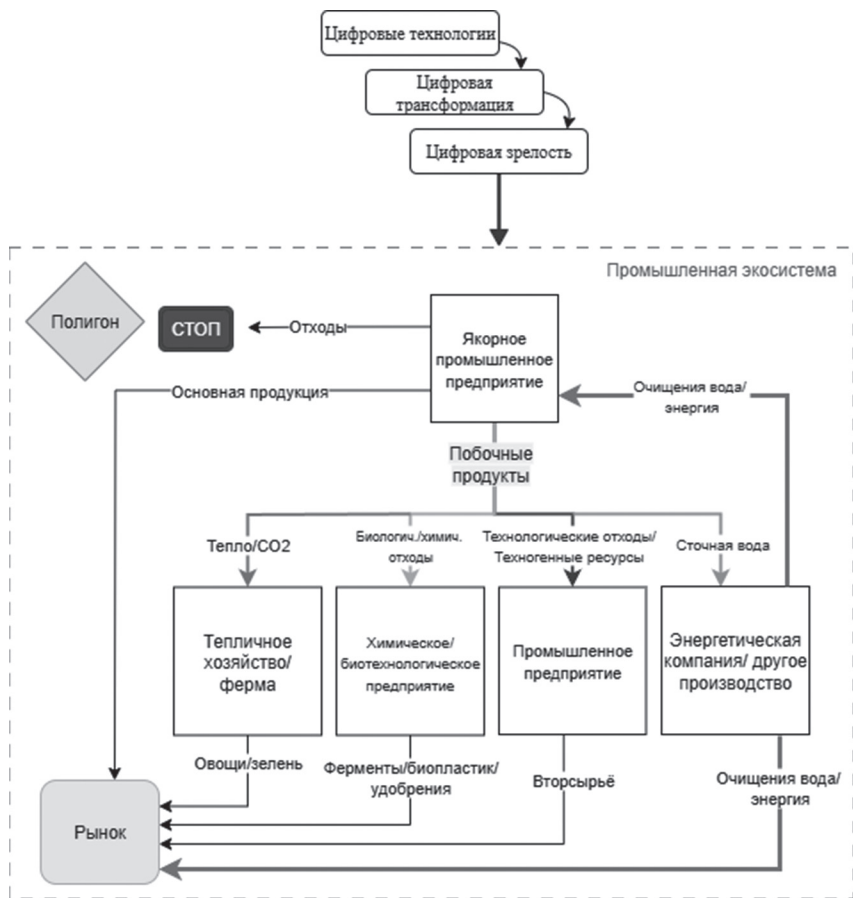


Рис. 1. Промышленная экосистема в контексте цифровой трансформации (источник: разработано автором)

Экономическая устойчивость промышленного комплекса является ключевым фактором национальной безопасности, поскольку определяет технологическую независимость страны и ее способность обеспечивать основные потребности экономики и населения. Значительную роль в поддержке промышленных предприятий играют меры государственной поддержки, направленные на развитие производственного потенциала и поиск новых логистических решений.

В условиях внешнего давления ключевую роль играет государственная поддержка, направленная на диверсификацию производства, развитие несырьевого экспорта и стимулирование инноваций. Основные ориентиры для этого задает «Стратегия развития про-

мышленности Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2035 года». Данный документ акцентирует необходимость технологического прорыва, основанного на цифровой трансформации, внедрения сквозных технологий и обеспечения устойчивости промышленного комплекса¹. Более того, 4 сентября 2023 г. В.В. Путин поручил утвердить национальный проект по формированию экономики данных на период до 2030 г., а 26 февраля 2025 г. заместитель председателя правительства РФ, руководитель аппарата правительства РФ Д. Григоренко презентовал национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства». Данный проект направлен на цифровую трансформацию государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы². Цифровая трансформация — это процесс внедрения современных цифровых технологий в различные сферы человеческой деятельности. Она включает в себя использование искусственного интеллекта, Интернета вещей, больших данных, облачных вычислений и других технологий для повышения эффективности работы, улучшения качества продукции и услуг, а также для создания новых бизнес-моделей (Berghaus & Back, 2021).

Современная структура промышленного производства демонстрирует позитивную тенденцию диверсификации. Если ранее доминирующую роль играли топливно-энергетические товары, то в последние годы наблюдается активное развитие обрабатывающих производств и высокотехнологичных отраслей промышленности. Регионы России активно развивают свой промышленный потенциал, о чем свидетельствует рост объемов производства в различных отраслях промышленности. При этом значительную роль играет поддержка правительства страны, которая не только помогает искать новые рынки сбыта, но и обеспечивает альтернативные логистические пути³. Об этом говорит структура экспорта продукции из РФ, которая приведена на рисунке 2.

¹ Правительство Российской Федерации. (2023). Распоряжение от 9 сентября 2023 года №2436-р [Электронный ресурс]. <http://government.ru/docs/49489/> (дата обращения: 08.11.2025).

² Правительство Российской Федерации. (2024). Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» [Электронный ресурс]. <http://government.ru/rugovclassifier/923/about/> (дата обращения: 04.11.2025).

³ Росстат. (2023). Промышленное производство в России. 2023: Статистический сборник [Электронный ресурс]. <https://24.rosstat.gov.ru/folder/44269> (дата обращения: 29.10.2025).



Рис. 2. Структура экспорта из РФ в 2023 г., % (источник: сост. автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. <https://24.rosstat.gov.ru/folder/44269> (дата обращения: 25.09.2025))

Структура экспорта показывает, что большая часть принадлежит топливно-энергетическим товарам, однако если в 2023 г. удельный вес этих продаж составил 64 %, то 10 лет назад он доходил до 85–90 %. То есть в определённой степени правительство диверсифицирует производство, отказываясь от импортных товаров, выводя на мировой рынок новые технологичные товары собственного производства. Так, активно реализуется сельхозпродукция на зарубежном рынке и другие виды продовольствия¹.

На уровне регионов реализуются программы социально-экономического развития, нацеленные на повышение промышленного потенциала, усиление инновационной составляющей и поддержку экспортной деятельности предприятий. В результате региональные промышленные кластеры становятся более конкурентоспособными (Черемушкина, Осенева, 2019). Особое место в развитии промышленности отводится цифровизации как основе для цифровой трансформации.

¹ Правительство Российской Федерации. (2017). Постановление от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы» [Электронный ресурс]. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71655402/> (дата обращения: 25.09.2025).

Цифровая трансформация является новым треком для всех отраслей экономики, поскольку позволяет значительно повысить операционную эффективность, автоматизировать ключевые процессы, улучшить качество продукции и ускорить принятие управленческих решений.

Для промышленных предприятий внедрение цифровых технологий, таких как Интернет вещей (*IoT*), большие данные (*Big Data*), искусственный интеллект (*AI*) и цифровые двойники (*Digital Twin*), является экономически обоснованной необходимостью. Это позволяет:

- оптимизировать планирование производства и управление цепочками поставок;
- внедрить предиктивное обслуживание оборудования, сокращая простои и затраты на ремонт;
- повысить гибкость производственных линий и скорость вывода новых продуктов на рынок;
- снизить процент брака и расход материалов за счет более точного контроля качества.

Согласно исследованию ИСИЭЗ НИУ ВШЭ¹, индекс цифровизации обрабатывающей промышленности составляет 36 пунктов из 1006. В частности, широкополосный доступ к Интернету применяют 90,4 % предприятий промышленности, облачные сервисы — 27,6 %, ERP-системы — 29,6 %, электронные продажи — 19,6 %, RFID-технологии — 12 %. Было установлено, что цифровая трансформация успешно проводится на предприятиях металлургической и нефтегазовой отраслей, что вызвано их стратегической необходимостью для ресурсно-зависимой экономики России. Медленно проходит цифровизация машиностроительной отрасли, которая технологически слабо развита.

Главной проблемой в 2022 г., затормозившей цифровую трансформацию промышленности, стали санкции стран Запада и Востока (Тайвань, Япония, Южная Корея) в связи с началом специальной военной операции в Украине. Многие зарубежные ИТ-компании в рамках санкций прекратили продажи своих продуктов и оказания своих услуг для пользователей из России. Среди них крупные бренды — Adobe, Cisco, SAP, IBM, Imperva, а также Microsoft, Norton, Avast, Oracle, Fortinet и др. (Мечникова, Климачёв, 2023).

¹ Абдрахманова, Г. И., Быховский, К.Б., Веселитская, Н. Н. и др. (2021). Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. международн. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва: Изд. дом Высшей школы экономики, 239. ISBN 978-5-7598-2510-4 (в обл.). ISBN 978-5-7598-2270-7 (e-book).

В работе «Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели» М.К. Ценжарик, Ю.В. Крылова и В.И. Стешенко считают, что для оценки готовности компании к цифровой трансформации можно использовать модели цифровой зрелости и цифровой готовности, разработанные компаниями McKinsey, Deloitte, Gartner, Ernst & Young. В качестве ключевых факторов моделей цифровой зрелости учёные выделяют: процессы (процессный подход), продажи (клиентский), технологии (ИТ-подход), цифровые компетенции (HR-подход) смешанного типа (Ценжарик и др., 2020).

В своих заявлениях, в частности, в послании Федеральному собранию в 2024 г. президент РФ В.В. Путин отметил, что до 2030 г. необходимо создать не менее 100 индустриальных технопарков для размещения производства малого и среднего бизнеса по технологическим приоритетам¹. Также на Восточном экономическом форуме в 2025 г. глава государства сообщил о планах открыть минимум 100 промышленных, бизнес- и технопарков «с необходимыми площадками и коммуникациями». По словам президента, не менее десяти таких парков заработает на Дальнем Востоке².

Основные аспекты ВЭФ 2025 г.:

- создание к 2030 г. не менее 100 «умных» заводов;
- внедрение сквозных цифровых технологий в 50 % промышленных компаний;
- разработка отечественных решений в области промышленного IoT и цифровых двойников.

Программы, реализуемые Правительствами регионов в рамках формирования их социально-экономического развития, приносят значимые результаты: развивается социальная поддержка гражданам, повышается промышленный потенциал региона, усиливаются инновационные направления развития. Кроме того, имеет место значительный рост инновационных технологий, импортозамещения, а также выход на экспорт и в новые регионы предприятий области.

Внедрение искусственного интеллекта в промышленности сегодня — это уже не эксперимент, а необходимость для повышения эффективности. Однако отрасли и компании находятся на очень разных этапах этого пути. Сложилась своеобразная двухсторонняя ситуация в развитии: одни предприятия уже выстраивают все свои

¹ Егорова, В. (2025, 5 сентября). Путин: Дальний Восток должен стать передовиком цифрового развития РФ. Российская газета [Электронный ресурс]. <https://rg.ru/2025/09/05/putin-dalnij-vostok-dolzhen-stat-peredovikom-cifrovogo-razvitiia-rf.html> (дата обращения: 30.10.2025).

² Там же.

процессы вокруг AI (стратегия AI-first), в то время как другие только тестируют отдельные решения.

Такой разрыв объясняется несколькими причинами:

- разный старт: у компаний может быть неодинаковый начальный уровень цифровой подготовки;
- разные задачи: потенциал для автоматизации сильно зависит от специфики отрасли;
- разные возможности: не все компании имеют доступ к финансированию, специалистам и современной инфраструктуре.

Исходя из этого можно сделать вывод, что не существует единого для всех плана по внедрению ИИ. Подход должен быть гибким и учитывать особенности каждой отдельной компании или сферы¹.

Таким образом, анализ применения искусственного интеллекта в российской экономике выявляет четкую отраслевую специализацию по типам используемых технологий. Наиболее широкое распространение получили решения для обработки визуальной информации, прежде всего системы компьютерного зрения. Абсолютным лидером по их внедрению является розничная торговля — соответствующие инструменты задействуют 87,5 % компаний этой сферы, применяющих ИИ. В секторе информации и связи наибольший интерес вызывают технологии работы со звуком, такие как распознавание и синтез речи — их используют 67,6 % организаций отрасли. Финансовый сектор демонстрирует наиболее комплексный подход: помимо ожидаемого лидерства в обработке текстовых данных (84,2 %), здесь активно внедряются системы интеллектуальной поддержки принятия решений (66,2 %) и технологии повышения эффективности алгоритмов ИИ (69,8 %). Это свидетельствует о переходе от единичных решений к построению целостных технологических экосистем (рис. 3).

Объем и структура инвестиций в искусственный интеллект напрямую зависят от отраслевой специфики его применения. Согласно данным статистики, основными статьями расходов российских компаний в 2024 г. стали закупка специализированного оборудования (56,2 млрд руб.) и программного обеспечения (30,5 млрд руб.). Финансовый сектор демонстрирует наибольшую инвестиционную активность, концентрируя 77 % всех затрат на оборудование для ИИ и 43 % — на программные решения. Сфера информации

¹ Абашкин, В. Л., Ковалёва, Г. Г. (2025). Распространение искусственного интеллекта в отраслях экономики и социальной сферы. Москва: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ [Электронный ресурс]. <https://issek.hse.ru/news/1091369132.html> (дата обращения: 05.11.2025).

Таблица 1. Использование технологий ИИ по видам экономической деятельности: 2024

| Число организаций, использующих технологии ИИ (ед.) | Удельный вес организаций, использующих отдельный вид технологий ИИ, в общем числе организаций – пользователей ИИ соответствующего вида экономической деятельности (%) | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------|---------------------------------------|--|
| | обработки визуальных данных | интеллектуальной поддержки принятия решений и управления | обработки звуковых данных | обработки текста | повышения эффективности технологий ИИ | |
| По всем видам экономической деятельности | 66.3 | 50.2 | 35.7 | 36.6 | 21.8 | |
| Торговля | 87.5 | 66.1 | 27.1 | 11.0 | 5.4 | |
| Информация и связь | 47.6 | 55.5 | 67.6 | 76.7 | 41.5 | |
| Финансы | 72.3 | 66.2 | 66.3 | 84.2 | 69.8 | |
| Государственное управление | 37.4 | 30.8 | 35.7 | 40.9 | 28.8 | |
| Здравоохранение | 39.0 | 32.3 | 27.6 | 34.0 | 28.2 | |
| Научно-техническая деятельность | 47.4 | 30.3 | 38.8 | 54.2 | 31.8 | |
| Обработывающая промышленность | 54.0 | 31.5 | 21.9 | 40.6 | 33.5 | |
| Транспорт и логистика | 70.6 | 20.7 | 24.3 | 70.8 | 18.7 | |
| Культура и спорт | 40.4 | 24.3 | 35.3 | 48.9 | 29.0 | |
| Энергетика | 19.4 | 12.4 | 40.9 | 24.8 | 10.3 | |
| Административная деятельность | 46.6 | 33.2 | 48.3 | 50.4 | 34.1 | |
| Высшее образование | 60.4 | 33.9 | 48.3 | 63.0 | 35.2 | |
| Операции с недвижимостью | 33.2 | 31.3 | 34.6 | 40.6 | 22.6 | |
| Строительство | 41.4 | 25.1 | 32.5 | 33.0 | 25.6 | |
| Сельское хозяйство | 40.8 | 24.6 | 24.6 | 31.7 | 25.4 | |
| Водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов | 31.8 | 22.7 | 40.0 | 31.8 | 25.5 | |
| Добыча полезных ископаемых | 54.7 | 24.0 | 32.0 | 44.0 | 24.0 | |
| Гостиницы и общественное питание | 35.9 | 21.9 | 29.7 | 43.8 | 26.6 | |

Примечание: сумма значений по отрасли может превышать 100%, так как организации могут использовать несколько видов технологий ИИ.

Рис. 3. Использование технологий ИИ по видам экономической деятельности: 2024 г. (источник: основу исследования составили данные выборочного наблюдения Росстата за 2025 г., охватившего более 15 тыс. средних и крупных предприятий, применяющих технологии искусственного интеллекта. Сбор информации осуществлялся по методике, разработанной НИУ ВШЭ (дата обращения: 05.11.2025))

и связи также входит в число ключевых инвесторов, формируя 11 % и 14 % соответствующих расходов. Сектор государственного управления замыкает тройку лидеров с 5 % инвестиций в оборудование и 10 % — в ПО. На все остальные отрасли в совокупности приходится лишь 6 % затрат на аппаратную часть и около трети рынка программного обеспечения для ИИ, что подтверждает значительное отставание в технологическом оснащении.

Кадровый потенциал в сфере искусственного интеллекта в России остается ограниченным. По итогам 2024 г. насчитывалось около 242 тыс. специалистов с соответствующими компетенциями, что составляет менее 1 % от общей численности работников обследованных организаций. Распределение этих кадров по отраслям крайне неравномерно. Почти треть (29 %) всех специалистов по ИИ сосредоточена в сфере информации и связи. Значительная доля занята также в финансовом (17 %) и транспортно-логистическом (15 %) секторах. На остальные отрасли экономики в совокупности приходится лишь 38 % сотрудников, обладающих компетенциями в области искусственного интеллекта. Такая концентрация кадрового потенциала в ограниченном числе секторов создает серьезный барьер для широкого внедрения ИИ-технологий в промышленности и других отраслях.

Примером успешного развития может служить промышленный комплекс Нижегородской области, который демонстрирует устойчивый рост производства в различных секторах. Регион успешно реализует программы импортозамещения, осваивая производство продукции, ранее поставлявшейся из-за рубежа. Особенно заметны достижения в области развития машиностроения, автомобилестроения и IT-индустрии. Динамика промышленного производства в регионе показывает постоянный прирост объемов выпускаемой продукции. Наиболее значительные результаты достигнуты в отраслях, связанных с высокими технологиями и обрабатывающими производствами. Многие промышленные предприятия региона успешно наращивают объемы экспорта своей продукции, что свидетельствует о конкурентоспособности российских промышленных товаров на международном рынке.

Особое значение в развитии промышленного комплекса приобретает цифровая трансформация производственных процессов. Внедрение цифровых технологий позволяет значительно повысить эффективность промышленных предприятий за счет автоматизации производственных процессов, оптимизации управления и повышения качества продукции. Примером успешной цифровизации может служить внедрение систем управления на основе ис-

кусственного интеллекта на промышленных предприятиях. Такие решения позволяют повысить производительность труда, улучшить качество продукции и снизить производственные потери. Использование технологий промышленного Интернета вещей (IIoT) и *big data* позволяет предприятиям оптимизировать производственные процессы и снижать затраты.

Используя ретроспективный взгляд в части вышесказанного, можно заметить, что одной из таких систем является программное обеспечение управления моделями искусственного интеллекта на основе собранных видео и фотоизображений производственной линии (Чупина, 2016). Искусственный интеллект в этой системе был сгенерирован на основе нейронных сетей, а обучающий сервер использовали вычислительные мощности центральных процессов в управлении периферийными устройствами искусственного интеллекта. При этом модель обучалась на месте производства пищевой продукции, что повысило точность имитации реальной производственной линии. Новые периферийные элементы искусственного интеллекта являются компактными и возможными для интеграции в любое современное оборудование действующих пищевых фабрик. Такие решения повышают производительность труда фабрик, улучшают качество продукции, а значит, позитивно воздействует на продовольственную безопасность страны. Кроме того, встраивание «умных денег» в экосистему деятельности промышленного предприятия позволит повысить адаптивные возможности организации, увеличить результативность работы (Цыро, Бабкин, 2025).

Проведём экономическое обоснование внедрения цифровых технологий внедрения цифровых технологий в промышленных экосистемах. Рассмотрим влияние цифровых технологий на примере предприятия обрабатывающей промышленности — завода по производству компонентов для автомобилестроения или радиоэлектроники. Одной из критических проблем в высокоточном производстве является человеческий фактор, ведущий к отклонениям в настройках оборудования и браку. Решение на основе машинного зрения и искусственного интеллекта позволяет автоматически контролировать соблюдение технологических стандартов, прогнозировать потенциальные сбои и минимизировать производственный риск (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, основная экономия достигается за счет резкого сокращения объемов брака и затрат на исправление дефектов. Дополнительный эффект возникает от снижения простоев оборудования и экономии материалов. В результате внедрения новой технологии, компания получила значительную экономию на сокра-

Таблица 1

Оценка экономической эффективности внедрения системы контроля на основе AI на промышленном предприятии, тыс. руб.

| Показатель | До внедрения | После внедрения | Эффект |
|--|--------------|-----------------|--------|
| Годовой объем бракованной продукции | 15000 | 7500 | -7500 |
| Затраты на переналадку и ремонт оборудования | 5000 | 3000 | -2000 |
| Простои производственной линии (часов/год) | 200 | 120 | -80 |
| Итого годовая экономия | — | — | ~9500 |

Источник: сост. автором.

Таблица 2

Расчет экономической эффективности внедрения системы контроля на промышленном предприятии, тыс. руб.

| Показатель | Расчетный период (год) | Примечания |
|--|------------------------|--|
| <i>I. Эффекты (годовая экономия)</i> | | |
| Снижение потерь от брака | 7500 | Расчет основан на снижении доли брака с 5 % до 2,5 % |
| Снижение затрат на ремонт и обслуживание | 2000 | За счет предиктивного обслуживания |
| Итого годовой экономический эффект: | 9500 | — |
| <i>II. Затраты на внедрение</i> | | |
| Приобретение ПО и лицензий | 3500 | Единовременно |
| Затраты на интеграцию и настройку | 1500 | Единовременно |
| Обучение персонала | 500 | Единовременно |
| Итого капитальные затраты: | 5500 | — |
| <i>III. Показатели эффективности</i> | | |
| Чистый дисконтированный доход (NPV) | + 4000 | За первый год (9500-5500) |
| Срок окупаемости (PP) | ~ 7 месяцев | $(5500 / 9500) \cdot 12$ мес. |
| Рентабельность инвестиций (ROI) | ~ 173 % | $((9500 - 5500) / 5500) \cdot 100$ % |

Источник: сост. автором.

щении потерь, связанных с производственными процессами. Теперь рассчитаем экономическую эффективность внедрения системы контроля на промышленном предприятии (табл. 2).

Как показывают расчеты в таблице 2, даже с учетом единовременных капитальных затрат в размере 5,5 млн руб. внедрение системы контроля на основе AI является высокоэффективным. Чистый финансовый результат за первый год составляет +4 млн руб., при этом срок окупаемости проекта не превышает 7 месяцев, а рентабельность инвестиций (ROI) достигает 173 %. Это доказывает не только операционную, но и прямую экономическую целесообразность подобных проектов цифровой трансформации.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило гипотезу о том, что цифровая трансформация служит ключевым фактором роста экономической эффективности промышленных предприятий. В работе представлен комплексный анализ современных условий развития промышленности и выполнена оценка экономической целесообразности внедрения цифровых технологий. На примере модели внедрения системы на основе искусственного интеллекта продемонстрирована потенциальная экономия, включая снижение брака на 18–25 % и рост производительности на 15–20 %.

Научная новизна работы заключается в разработке адаптированной методики экономического обоснования цифровой трансформации для российских промышленных предприятий в условиях санкций и импортозамещения. Методика интегрирует анализ государственной политики, операционных показателей и расчет интегральной эффективности.

На примере моделирования внедрения систем на основе искусственного интеллекта продемонстрирована прямая зависимость между цифровизацией и укреплением конкурентоспособности предприятий в условиях импортозамещения.

В качестве рекомендаций предлагается активизировать разработку отраслевых стратегий цифровизации с фокусом на внедрение AI, IoT и цифровых двойников. Перспективным направлением дальнейших исследований является сравнительный анализ эффективности различных цифровых решений в конкретных подотраслях обрабатывающей промышленности для оптимизации государственных программ поддержки.

Для дальнейшего развития необходима комплексная поддержка со стороны государства, направленная на стимулирование инвести-

ций в исследования и разработки, а также на создание благоприятных условий для внедрения передовых технологий на промышленных предприятиях. Цифровая трансформация промышленных предприятий способствует не только росту их экономической эффективности, но и укреплению позиций страны в мировой экономике. Внедрение современных digital solutions позволяет российским промышленным предприятиям успешно конкурировать на международном рынке и обеспечивать технологический суверенитет страны.

Благодарности

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда №25-18-00978 «Стратегическое управление интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в условиях экономики данных: методология, фреймворк, инструментарий».

Acknowledgements

The study was funded by the Russian Science Foundation grant No. 25-18-00978 «Strategic management of intellectual maturity of industrial ecosystems in a data economy: methodology, framework, tools».

Список источников

Мечикова, М. Н., Климачев, Т. Д. (2023). Практика и перспективы внедрения технологий индустрии 4.0 на российских промышленных предприятиях в неблагоприятных внешнеэкономических условиях. *Вестник СИБИТа*, 2 [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-i-perspektivy-vnedreniya-tehnologiy-industrii-4-0-na-rossiyskih-promyshlennyh-predpriyatiyah-v-neblagopoluchnyh> (дата обращения: 04.11.2025).

Ценжарик, М. К., Крылова, Ю. В., Стешенко, В. И. (2020). Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 36(3), 45–62 [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kompaniy-strategicheskiy-analiz-factory-vliyaniya-i-modeli> (дата обращения: 02.11.2025).

Черемушкина, И. В., Осенева, О. В. (2019). Прогноз и перспективы формирования потребительских предпочтений в области экологически чистых продуктов на региональном рынке. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, (4), 82–91.

Чупина, И. П. (2016). Специфика конкуренции в аграрном секторе России. *Агропродовольственная экономика*, (6), 45–53 [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-konkurentsii-v-agrarnom-sektore-rossii> (дата обращения: 07.11.2025).

Berghaus, S., & Back, A. (2021). Stages of Digital Business Transformation: A Review and Future Research Directions. *MIS Quarterly Executive*, 20(3), 1–18. <https://doi.org/10.17705/2msqe.00056>

Tsyro, D., & Babkin, A.V. (2025). Modeling of the financial space of the digital transformation of the economic activity of an industrial enterprise in the context of Industry 5.0. *Modern Economics: problems and Solutions*, 1, 80–92. <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2025/1/80-92>

References

Berghaus, S., & Back, A. (2021). Stages of Digital Business Transformation: A Review and Future Research Directions. *MIS Quarterly Executive*, 20(3), 1–18. <https://doi.org/10.17705/2msqe.00056>

Cheremushkina, I. V., & Oseneva, O. V. (2019). Forecast and prospects for the formation of consumer preferences in the field of environmentally friendly products in the regional market. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, (4), 82–91. (In Russ.)

Chupina, I. P. (2016). The specifics of competition in the Russian agricultural sector. *Agro-food Economics*, (6), 45–53. <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifikakonkurentsii-v-agrarnom-sektore-rossii> (accessed: 07.11.2025). (In Russ.)

Mechikova, M. N., Klimachev, T. D. (2023). Practice and prospects of implementing Industry 4.0 technologies at Russian industrial enterprises in unfavorable foreign economic conditions. *Bulletin of SIBITA*, 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-i-perspektivy-vnedreniya-tehnologiy-industrii-4-0-na-rossijskih-promyshlennyh-predpriyatiyah-v-neblagopoluchnyh> (accessed: 11.04.2025). (In Russ.)

Tsenzharik, M. K., Krylova, Yu. V., & Steshenko, V.I. (2020). Digital transformation of companies: strategic analysis, influencing factors and models. *Bulletin of St. Petersburg University. Economics*, 36(3), 45–62. <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kompaniy-strategicheskij-analiz-factory-vliyaniya-i-modeli> (accessed: 02.11.2025). (In Russ.)

Tsyro, D., & Babkin, A.V. (2025). Modeling of the financial space of the digital transformation of the economic activity of an industrial enterprise in the context of Industry 5.0. *Modern Economics: problems and Solutions*, 1, 80–92. <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2025/1/80-92>

Сведения об авторе

Мельник Алексей Вадимович — аспирант Высшей инженерно-экономической школы, СПбПУ Петра Великого; <https://orcid.org/0000-0003-4992-5189> (Российская Федерация, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29; e-mail: alexey55557@mail.ru).

Aleksei V. Melnik — Postgraduate student at Peter the Great St. Petersburg State University of Engineering and Economics; <https://orcid.org/0000-0003-4992->

5189 (29 Politechnicheskaya str., Saint Petersburg, 195251, Russian Federation,
e-mail: alexey55557@mail.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 332.1

JEL classification: L20, L23, M11

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-15>

Цифровая трансформация предприятия: особенности, преимущества и барьеры проведения¹

П. А. Михайлов^а, М. В. Сульков^б

^{а,б} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(г. Санкт-Петербург, Россия).

Автор для корреспонденции: П. А. Михайлов (pavel-mixailov1999@yandex.ru).

Аннотация. В статье рассмотрены существующие подходы к понятию цифровой трансформации предприятия, а также смежных этапов внедрения цифровых технологий. Подчеркивается высокая актуальность рассматриваемой тематики. Сделан вывод о разностороннем и комплексном характере проводимых изменений при цифровой трансформации. Рассмотрены преимущества, получаемые предприятиями при проведении цифровой трансформации, а также ряд пробел и барьеров, препятствующих данному процессу. Результаты исследования могут послужить основой для дальнейшего исследования процесса и результатов внедрения цифровых технологий на предприятии.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровая трансформация, цифровизация, цифровые технологии, Индустрия 4.0, Индустрия 5.0

Digital transformation of the enterprise: features, advantages and barriers of implementation

P.A. Mikhailov^а, M.V. Sulkov^б

^{а,б} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, Russia).

Corresponding author: P.A. Mikhailov (pavel-mixailov1999@yandex.ru).

Abstract. The article examines the existing approaches to the concept of digital transformation of an enterprise, as well as related stages of the introduction of digital technologies. The high relevance of the topic under consideration is emphasized. The conclusion is made about the versatile and complex nature of the changes carried out during digital transformation. The advantages that enterprises receive during digital transformation, as well as a number of gaps and barriers that hinder this process, are considered. The results of the study can serve as a basis for further research on the process and results of the introduction of digital technologies in the enterprise.

Keywords: digital economy, digital transformation, digitalization, digital technologies, Industry 4.0, Industry 5.0

¹ © Михайлов П. А., Сульков М. В. Текст. 2026.

Введение

Скорость развития цифровых технологий на сегодняшний день определяет не только темпы технологического прогресса, но и во многом направление развития бизнеса и производства (Машевская, 2020). Цифровые технологии в виде искусственного интеллекта, больших данных, Интернета вещей, цифровых двойников, облачных вычислений и т. д. (Соколинская, Зиновьева, 2021) стали важными инструментами для повышения эффективности работы предприятий за счет оптимизации бизнес-процессов, возможности автоматизации рутинных задач, снижения числа ошибок и влияния человеческого фактора, возможности проведения аналитики в реальном времени, быстрой реакции на изменения рынка и иных преимуществ (Шомполова, 2024).

Таким образом, цифровая трансформация предприятия становится важным условием для сохранения и укрепления его позиций на рынке, а также конкурентных и стратегических преимуществ (Матюшкина, Серегина, 2023). При этом важно понимать, что процесс цифровой трансформации связан с целым рядом сложностей и барьеров (Гуанхуэй, 2024): необходимость в четком понимании целей и задач трансформации, ее этапов и имеющихся средств для проведения, требования по наличию достаточной инфраструктуры для ее эффективной реализации, квалификации персонала и повышения их цифровых компетенций. Всё это говорит об актуальности рассматриваемой тематики.

Кроме того, актуальность исследования подтверждается также высоким вниманием к данному вопросу со стороны правительства Российской Федерации. Так, в России действует ряд стратегий и программ Цифровой трансформации на уровне регионов, которые содержат информацию об источниках финансирования мероприятий, значениях целевых показателей и методиках их расчёта, об ответственных региональных органах исполнительной власти с целью обеспечения контроля за ходом реализации проектов¹.

В рамках стратегии рассматривается 6 основных направлений:

- здравоохранение;
- образование и наука;
- транспорт и логистика;

¹ Региональные стратегии и программы цифровой трансформации (2021). Сайт Минцифры. [Электронный ресурс]. <https://digital.gov.ru/activity/czifrovizacziya-gosudarstva/czifrovizacziya-subektov-rossijskoj-federaczii/regionalnye-strategii-czifrovoj-transformaczii> (дата обращения: 01.11.2025).

- развитие городской среды;
- государственное управление;
- социальная сфера.

Тем не менее ее реализация проводится и на более локальном уровне, в т. ч. на уровне отдельных компаний и предприятий.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении подходов к определению цифровой трансформации предприятия и формированию авторского подхода к данному определению, сравнению ее с другими этапами внедрения цифровых технологий на предприятии, выявлению ключевых преимуществ и барьеров проведения цифровой трансформации.

Обзор литературы

В научной литературе понятие цифровой трансформации зачастую связывают с рядом других определений, наиболее распространенными из которых являются «цифровизация» и «автоматизация». При этом отсутствует единство подходов к их трактовке и взаимосвязи друг с другом.

Так, М.А. Скляр и К.В. Кудрявцева (2019) придерживаются следующего подхода: цифровизация представляет собой не просто перевод аналоговой информации в цифровые форматы, но и способствует созданию нового цифрового продукта, новых бизнес-моделей. Она позволяет использовать цифровые технологии для более быстрого и качественного выполнения операций и ведения новых видов деятельности. То есть цифровизация рассматривается как общий процесс внедрения цифровых технологий с целью получения дополнительных преимуществ, создания новых бизнес-моделей и продуктов, что на наш взгляд кажется не совсем корректным.

Т.Ю. Кудрявцева и К.С. Кожина (2021) предлагают рассматривать цифровизацию как процесс использования цифровых технологий и оцифрованных данных для трансформации бизнес-процессов, бизнес-моделей и бизнес-операций.

Цифровизация в рамках данного подхода также рассматривается как достаточно широкое понятие, тем не менее переводу аналоговых данных в цифровые форматы уделяется большое внимание.

Интересен также подход В.В. Загребина и Е.А. Серовой (2020), которые рассматривают цифровизацию как «преобразование информации в цифровую форму, которое в большинстве случаев ведет к ускорению передачи информации, снижению издержек, и соответственно, появлению новых возможностей». На наш взгляд, данный подход ближе всего к сути данного понятия как первого этапа

внедрения и применения цифровых технологий — сначала необходимо перевести информацию и данные в цифровую среду, создать базовую инфраструктуру, затем автоматизировать и оптимизировать ключевые бизнес-процессы и лишь затем проводить полноценную цифровую трансформацию, затрагивающие бизнес-процессы и бизнес-модель предприятия в целом.

Подходы к понятию «автоматизации» намного менее разносторонние. В целом всё сводится к использованию технологий для выполнения задач и операций без участия человека.

Рассмотрим понятие Д.М. Фахретдинова, который в рамках статьи «Автоматизация производства на предприятиях» (Фахретдинов, 2021) сформулировал следующее определение: «Автоматизация — это практика замены человеческого труда на рабочем месте компьютеризированными устройствами и другой электроникой. Автоматизация процессов производства заключается в том, что часть функций управления, контроля и регулирования технологическими комплексами осуществлялись не людьми, а роботизированными механизмами и информационными системами».

Таким образом, основная задача автоматизации — освободить людей от выполнения рутинных, повторяющихся задач для их отправки на более сложную или творческую работу, а также повысить скорость, точность, эффективность бизнес-процессов.

Теперь рассмотрим подходы к определению цифровой трансформации предприятия.

Л.А. Ватутина, Е.Ю. Злобина и Е.Б. Хоменко (2021) рассматривают цифровую трансформацию как «результат внедрения цифровых технологий (то есть цифровизации), который предполагает кардинальное совершенствование бизнес-процессов предприятия». В рамках данного подхода можно рассмотреть взаимосвязь между цифровизацией, которая задает первоначальные условия для дальнейшего внедрения цифровых технологий, и непосредственно цифровой трансформацией, которая кардинально меняет бизнес-процессы предприятия.

И.Г. Фёдоров и А.Н. Сотников в рамках своей работы (2022) рассматривают следующий подход: «Цифровая трансформация представляет собой комплексное изменение механизмов координации исполнителей, перераспределение их функций, модификацию организационной структуры предприятия». Основной упор в рамках данного определения также делается на комплексный характер проводимых изменений на многих уровнях работы предприятия.

Интересен также подход Е. В. Лавренко и М. Н. Мечиковой (2022), которые отмечают резкий и радикальный характер изменений работы предприятия в ходе цифровой трансформации. По их мнению, цифровая трансформация полностью меняет весь жизненный цикл от разработки, производства, до продажи и послепродажного обслуживания конечного продукта.

На основе рассмотренных подходов можно выделить определенные закономерности — цифровизация тяготеет к созданию начальных условий для дальнейшего внедрения цифровых технологий, автоматизация сосредоточена на преобразовании ключевых бизнес-процессов на основе уже проведенных улучшений, в то же время цифровая трансформация представляет собой заключительный этап изменений, когда предприятие полностью преобразует свои бизнес-процессы и бизнес-модель.

Материалы и методы

В рамках исследования рассмотрены существующие подходы к определению цифровой трансформации в научной литературе, а также смежных с ней понятий цифровизации и автоматизации. Изучен ряд статистических сборников и региональных программ по данной тематике, на основе которых получена часть результатов исследования.

Метод, применяемый в ходе исследования, представляет собой обзор литературы по тематике цифровой экономики и цифровой трансформации предприятия, Индустрии 4.0 и 5.0. В исследовании были также использованы методы анализа, изучения, синтеза и сравнения существующей литературы по теме цифрой экономики и цифровой трансформации.

Результаты

Как уже отмечалось ранее, цифровизация в первую очередь представляет собой оцифровку аналоговой информации, т. е. ее перевод в цифровой формат, автоматизация сосредоточена на преобразовании ключевых бизнес-процессов с целью исключения человека от выполнения рутинных, повторяющихся задач и операций, в то же время цифровая трансформация представляет собой заключительный этап изменений, когда предприятие полностью преобразует свои бизнес-процессы и бизнес-модель. То есть можно отметить определенную иерархию и очередность между данными процессами — без цифровизации и автоматизации ключевых процессов, которые зададут стартовые условия для дальнейших из-

менений, вряд ли возможно провести полноценную цифровую трансформацию на уровне всего предприятия. Сформулируем полученные выводы в рамках небольшой таблицы.

На основе анализа данной таблицы можно сформировать следующее определение цифровой трансформации предприятия: цифровая трансформация — это комплексное изменение бизнес-процессов предприятия или экосистемы путем внедрения цифровых технологий во всех сферах его работы с целью повышения эффективности и получения иных преимуществ.

То есть цифровая трансформация предполагает комплексный характер изменений в сравнении с цифровизацией и автоматизацией и затрагивает деятельность предприятия на многих уровнях: не только производства, но и корпоративной культуры предприятия, т. к. работники должны иметь нужные навыки для эффективного использования цифровых технологий и новых инструментов, могут быть проведены изменения в рамках взаимодействия с клиентами за счет более эффективных средств аналитики и т. д.

Более того, если в рамках цифровизации человек всё еще выполняет рутинные задачи и операции, а в ходе автоматизации он играет, скорее, роль контролера и реагирует в случае непредвиденных обстоятельств, то в ходе цифровой трансформации еще больше внимания уделяется проработке стратегии изменений, внедрению ключевых цифровых технологий.

Таким образом, цифровая трансформация предоставляет предприятию следующие преимущества цифровых технологий:

- 1) снижение операционных издержек;
- 2) повышение производительности и скорости бизнес-процессов;
- 3) доступ к более эффективному принятию решений на основе данных;
- 4) улучшение взаимодействия с клиентами, их лояльности;
- 5) повышение скорости реагирования на изменения рынка;
- 6) возможности разработки новых продуктов, выхода на новые рынки;
- 7) создание условий для развития персонала;
- 8) повышение общей устойчивости предприятия (Цыренов, Плотникова, 2024).

Это далеко не полный список возможных преимуществ, тем не менее нельзя не отметить разносторонний характер получаемой выгоды для разных групп участников — предприятие в целом получает возможности для выхода на новые рынки и разработку новой

Таблица

Сравнение цифровизации, автоматизации и цифровой трансформации

| Рассматриваемый критерий | Цифровизация | Автоматизация | Цифровая трансформация |
|---------------------------------|---|--|--|
| Суть процесса | Перевод информации из аналогового формата в цифровой | Передача выполнения рутинных, повторяющихся задач и процессов от человека к технологиям | Изменение бизнес-процессов и бизнес-модели на всех уровнях работы предприятия с использованием цифровых технологий |
| Цель процесса | Сделать информацию более доступной и удобной для поиска и обработки | Повысить эффективность бизнес-процесса: сократить издержки, время и число ошибок; освободить людей от выполнения рутинных операций | Создать новую ценность для клиентов, получить конкурентные преимущества, повысить эффективность работы, открыть новые источники дохода |
| Объект воздействия | Данные (информация) | Отдельный бизнес-процесс | Вся бизнес-модель предприятия |
| Уровень проводимых изменений | Тактический уровень | Операционный уровень | Стратегический уровень |
| Пример | Сканирование бумажных документов и их перевод в цифровой формат | Внедрение автоматизированной конвейерной ленты и роботов-сборщиков | Создание и внедрение цифровой платформы для работников и клиентов для перевода взаимодействия в цифровой формат |
| Роль человека в рамках процесса | Оператор: выполняет техническую работу по переводу документов в цифровой формат | Наблюдатель и контролер: настраивает процесс и следит за его выполнением, реагирует в случае непредвиденных обстоятельств | Инициатор, стратег и новатор: создает новые бизнес-модели, меняет бизнес-культуру |
| Измеримый результат | Объем оцифрованных данных, скорость доступа и обработки информации | Скорость выполнения процесса, количество сокращенных ручных операций, снижение числа ошибок | Лояльность клиентов, общая эффективность работы предприятия, появление новых бизнес-направлений |

Источник: сост. авторами.

продукции, повышение эффективности работы предприятия, снижение затрат (Богдарева, Лостанова, 2022). У сотрудников же появляется больше времени на выполнение более творческих задач, более эффективные инструменты работы, создание более качественных условий ведения деятельности. Клиенты получают более быстрый и удобный сервис. Появляются новые возможности для формирования более интересных предложений для клиентов, программ лояльности за счет средств аналитики. В целом снижается число ошибок, повышается скорость бизнес-процессов, их прозрачность и гибкость. Предприятие становится более гибким и устойчивым, появляются новые конкурентные и стратегические преимущества.

Тем не менее проведение цифровой трансформации связано с преодолением целого ряда проблем и барьеров, имеющих весьма разнообразный характер. В рамках данного процесса технологические сложности тесно переплетены с управленческими ошибками, недостатком нужных навыков в использовании цифровых технологий у персонала и многими другими трудностями. Прежде всего, внедрение цифровых технологий сопряжено с высокими первоначальными инвестициями на закупку оборудования, технологий и программного обеспечения, а также на дальнейшее их поддержание в рабочем состоянии. Поэтому далеко не всегда предприятие имеет достаточно ресурсов для проведения подобных изменений. Кроме того, данные и информация на предприятии может находиться в весьма разрозненном состоянии, что может затруднить внедрение средств аналитики, технологий искусственного интеллекта.

Для успешного проведения цифровой трансформации необходима четкая проработка стратегии, целей и задач проводимых изменений, выделение основных этапов и показателей, которые позволяют оценить их эффективность. Сотрудники предприятия также должны быть готовы к принятию новых технологий, иметь нужные навыки и компетенции для их эффективного применения.

В качестве примера подобных барьеров рассмотрим данные статистического сборника ИСИЭЗ ВШЭ «Индикаторы цифровой экономики: 2025». Обратимся к данным по структуре внутренних и внешних затрат организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий по их видам (рис. 1).

На основе данной диаграммы можно отметить крайне разносторонний характер затрат, связанных с внедрением цифровых технологий, — помимо очевидных затрат на закупку нового оборудования и программного обеспечения, необходимо учитывать дополнительные затраты на оплату электроэнергии нового оборудования,

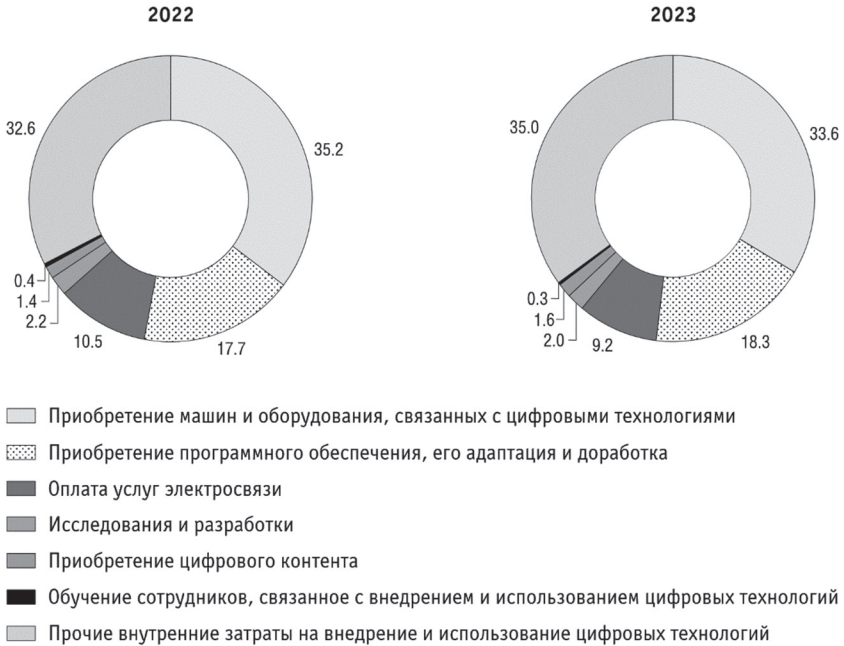


Рис. 1. Структура внутренних и внешних затрат организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий по видам, % (источник: Индикаторы цифровой экономики: 2025: статистический сборник)

исследования и разработки, обучение сотрудников использованию новых инструментов, доработку закупленного оборудования и технологий и т. д. Однако далеко не всегда предприятие имеет достаточно финансовых ресурсов, чтобы закупить все эти технологии, обеспечить их дальнейшую работу и доработку под деятельность предприятия, возможное расширение штата IT-специалистов.

Рассмотрим еще один барьер на основе данных по структуре внутренних затрат организаций на внедрение цифровых технологий (рис. 2).

Можно заметить, что практически 85 % затраченных средств на внедрение цифровых технологий организациями — это собственные средства организаций. То есть не созданы достаточно эффективные условия для привлечения дополнительных средств на проведения цифровой трансформации или же привлечение этих средств обходится предприятиям слишком дорого.

Интересно также рассмотреть внутренние затраты на исследования и разработки в области цифровых технологий (рис. 3).

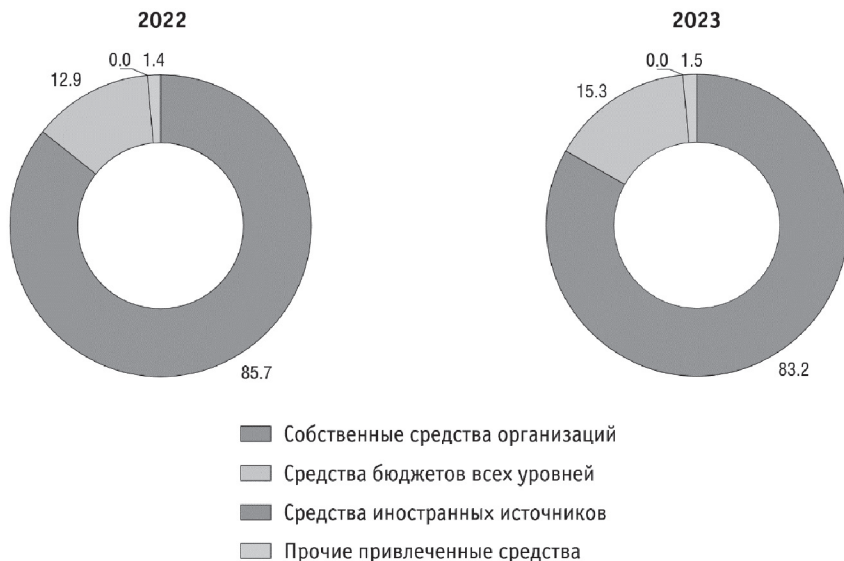


Рис. 2. Структура внутренних затрат организаций на внедрение и использование цифровых технологий по источникам финансирования, % (источник: Индикаторы цифровой экономики: 2025: статистический сборник)

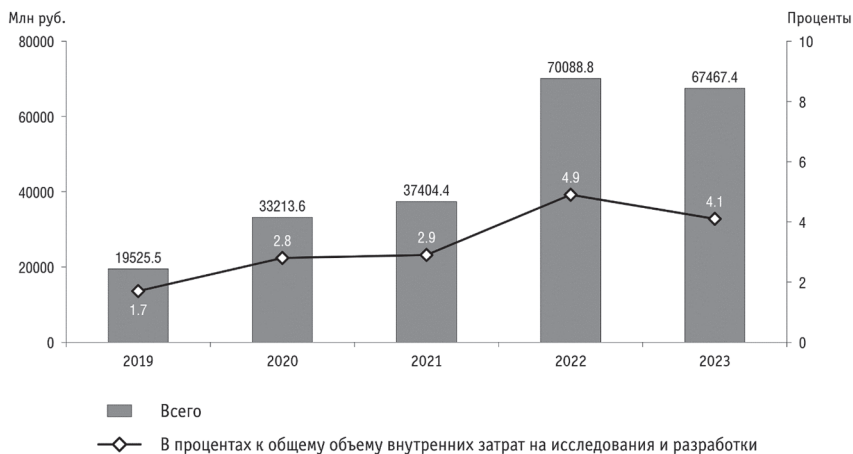


Рис. 3. Внутренние затраты на исследования и разработки в области цифровых технологий, млн руб. (источник: Индикаторы цифровой экономики: 2025: статистический сборник)

На основе данной диаграммы можно отметить в целом положительную динамику роста затрат на исследования и разработки в области цифровых технологий до 2023 г., где произошло небольшое снижение. Во много это связано с внешними факторами, которые также оказывают огромное влияние на развитие цифровых технологий — в последние годы предприятия вынуждены зачастую отказываться от иностранных технологий и искать отечественные аналоги, преобразовывать уже сформированные способы организации под новые условия, что также связано с целым рядом рисков и сложностей.

В общем виде барьеры проведения цифровой трансформации (Митяева, Заводило, 2019) можно свести к следующим пунктам:

- 1) финансовые и ресурсные барьеры:
 - высокие первоначальные инвестиции;
 - нехватка ресурсов и времени у предприятия;
 - дополнительные затраты на поддержание новых технологий в рабочем состоянии и их доработку;
 - проблемы с поиском дополнительных источников финансирования;
- 2) технологические барьеры:
 - сложность интеграции с уже существующими технологиями и системами;
 - вопросы кибербезопасности;
 - проблемы с поиском и обработкой уже имеющихся данных и информации, которые необходимо учесть;
- 3) управленческие и стратегические барьеры:
 - отсутствие четкой стратегии, цели и задач трансформации;
 - сложности управления изменениями;
 - недостаточная вовлеченность или компетентность менеджмента;
- 4) организационные барьеры:
 - сопротивление сотрудников изменениям;
 - недостаточные цифровые навыки у персонала;
 - нехватка квалифицированных специалистов.

Можно отметить, что барьеры, связанные с выбором и внедрением новых технологий, далеко не единственные и зачастую даже не самые «проблемные» (Озорнин, Терлыга, 2020), в связи с комплексным характером проводимых изменений при проведении цифровой трансформации важно учитывать многие другие аспекты, которые могут стать серьезным препятствием для успешного внедрения изменений.

Крайне важно заранее проработать стратегию, выстроить цели и задачи, этапы цифровой трансформации, заранее определить имеющиеся ресурсы и возможности, готовность персонала к использованию новых технологий.

В случае проблем с любым из этих направлений необходима его доработка. Кроме того, возможно, вместо полноценной цифровой трансформации предприятию будет выгоднее сосредоточиться на автоматизации некоторых ключевых бизнес-процессов, что не потребует таких затрат денежных, временных и трудовых ресурсов и будет куда проще интегрироваться в уже существующую структуру.

Заключение

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о разностороннем и комплексном характере цифровой трансформации предприятия. Это не мгновенное внедрение новых технологий на всех уровнях, а длительный и многогранный процесс, где существует ряд препятствий на самых разных уровнях — не только финансовом, технологическом, но даже на уровне проработки общей стратегии и готовности персонала к изменениям.

Успех цифровой трансформации определяется не только бюджетом на проведение изменений, но также готовностью компании к фундаментальным изменениям. Это процесс, который начинается не с закупки оборудования и программного обеспечения, а с четкого понимания стратегии и целей проведения изменений, а также имеющихся у предприятия ресурсов и возможностей.

Таким образом, нельзя не отметить, что будущее в первую очередь принадлежит не самым технологичным, а самым адаптивным компаниям — важно понимать, где изменения принесут пользу в наибольшем объеме, требуются ли преобразования на всех уровнях работы предприятия или же будет эффективнее затронуть лишь ряд ключевых процессов.

Благодарности

Исследование выполнено за счет средств гранта РФФИ №25-18-00978 «Стратегическое управление интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в условиях экономики данных: методология, фреймворк, инструменты».

Acknowledgements

The study was supported by the Russian Science Foundation grant №. 25-18-00978 «Strategic management of the intellectual maturity of industrial ecosystems in the context of the data economy: methodology, framework, tools».

Список источников

Абашкин, В.Л., Абдрахманова, Г.И., Вишневский, К. О. и др. (2025). *Индикаторы цифровой экономики: 2025: статистический сборник*. Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 296.

Болдарева, Ю.А., Лостанова, Д.Т. (2022). Сущность цифровой трансформации бизнеса. *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*, 1(5), 103–110. <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2022.5.10>

Ватутина, Л. А., Злобина, Е. Ю., Хоменко, Е. Б. (2021). Цифровизация и цифровая трансформация бизнеса: современные вызовы и тенденции. *Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право»*, 4, 545–551. DOI: 10.35634/2412-9593-2021-31-4-545-551

Гуанхуэй, Б. (2024). Влияние цифровой трансформации на организационную структуру предприятия. *Аудиторские ведомости*, 4, 214–217. <https://doi.org/10.2441/2/1/727-8058-2024-4-214-217>

Загребин, В.В., Серова, Е.А. (2020). Процесс цифровизации в условиях глобальной неопределённости. В *Возможности и угрозы цифрового общества: Материалы конференции Всероссийской научно-практической конференции* (Ярославль, 22 апреля 2020 года) (с. 79–84). Ярославль: ООО «Цифровая типография».

Кудрявцева, Т.Ю., Кожина, К.С. (2021). Основные понятия цифровизации. *Вестник Академии знаний*, 3 (44), 149–151. DOI: 10.24412/2304-6139-2022-11228

Лавренко, Е. В., Мечикова, М. Н. (2022) Цифровая трансформация промышленности: Российский и зарубежный опыт. *Вестник СИБИТа*, 1, 47–52. DOI: 10.24412/2225-8264-2022-1-46-51

Матюшкина, И. А., Серегина, М. Ю. (2023). Цифровая трансформация предприятий обрабатывающей отрасли. *Экономика. Социология. Право*, 2(30), 19–25. DOI 10.22281/2542-1697-2023-02-02-19-25

Машевская, О. В. (2020). Цифровые технологии как основа цифровой трансформации современного общества. *Вестник Полесского государственного университета. Серия общественных и гуманитарных наук*, 1, 37–44. ISSN 2078-1032

Митяева, Н. В., Заводилов, О. В. (2019). Барьеры цифровой трансформации и пути их преодоления. *Промышленность: экономика, управление, технологии*, 3(77), 20–24. EDN PPUTMM

Озорнин, С. Ю., Терлыга, Н.Г. (2020). Проблемы цифровой трансформации предприятий: управленческий аспект. *Евразийский союз ученых*, 4–7(73), 49–59. EDN HIBBVJ.

Скляр, М. А., Кудрявцева, К. В. (2019) Цифровизация: основные направления, преимущества и риски. *Экономическое возрождение России*, 3(61), 103–114. EDN BAWPJQ

Соколинская, Н. Э., Зиновьева, Е. А. (2021). Ключевые цифровые технологии «будущего» в России. *Финансовые рынки и банки*, 5, 42–49. EDN HTFOFA.

Фахретдинов, Д. М. (2021). Автоматизация производства на предприятиях. Проблемы современной науки и образования, 9(166), 30–33. EDN NJICEM.

Фёдоров, И.Г., Сотников, А.Н. (2022). Анализ и обоснование эффекта цифровой трансформации предприятий и организаций. *Открытое образование*, 26(5), 61–69. <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2022-5-61-69>

Цыренов, Д.Д., Плотникова, А.П. (2024). Цифровая трансформация бизнеса: влияние на эффективность и конкурентоспособность. *Естественно-гуманитарные исследования*, 5(55), 660–663. EDN DPPKRJ.

Шомполов, А. Д. (2024). Преимущества внедрения цифровых решений в бизнес-процессы промышленных предприятий в РФ. *Вестник науки*, 5–6(75), 231–236. EDN OKQNLV

References

Abashkin, V.L., Abdrakhmanova, G.I., Vishnevsky, K. O. et al. (2025). *Indikatory tsifrovoy ekonomiki: 2025: statisticheskiy sbornik [Indicators of the digital economy: 2025: statistical collection]*. National Research University «Higher School of Economics». Moscow: Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, 296. (In Russ.)

Boldareva, Y.A. & Lostanova, D.T. (2022). The essence of digital business transformation. *Vestnik Severo-Kavkazskogo federalnogo universiteta [Bulletin of the North Caucasus Federal University]*, 1(5), 103–110. <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2022.5.10> (In Russ.)

Vatutina, L. A., Zlobina, E. Y. & Khomenko, E. B. (2021). Digitalization and digital transformation of business: current challenges and trends. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya «Ekonomika i pravo» [Bulletin of the Udmurt University. Economics and Law Series]*, 4, 545–551. DOI: 10.35634/2412-9593-2021-31-4-545-551 (In Russ.)

Guanghui, B. (2024). The impact of digital transformation on the organizational structure of the enterprise. *Auditorskie vedomosti [Audit Statements]*, 4, 214–217. <https://doi.org/10.2441/2/1727-8058-2024-4-214-217> (In Russ.)

Zagrebin, V.V. & Serova, E.A. (2020). The process of digitalization in the context of global uncertainty. *Vozможности i угрозы tsifrovogo obshchestva: Materialy konferentsii Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Opportunities and threats of the digital society: Conference proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]* (Yaroslavl, April 22, 2020) (pp. 79–84). Yaroslavl: Digital Printing Company. (In Russ.)

Kudryavtseva, T.Y. & Kozhina, K.S. (2021). Basic concepts of digitalization. *Vestnik Akademii znaniy [Bulletin of the Academy of Knowledge]*, 3(44), 149–151. DOI: 10.24412/2304-6139-2022-11228 (In Russ.)

Lavrenko, E. V. & Mechikova, M. N. (2022) Digital transformation of industry: Russian and foreign experience. *Vestnik SIBITa [Bulletin of SIBIT]*, 1, 47–52. DOI: 10.24412/2225-8264-2022-1-46-51 (In Russ.)

Matyushkina, I. A. & Seregina, M. Y. (2023). Digital transformation of manufacturing enterprises. *Ekonomika. Sotsiologiya. Pravo. [Economy. Sociology. Pravo]*, 2(30), 19–25. DOI 10.22281/2542-1697-2023-02-02-19-25 (In Russ.)

Mashevskaya, O. V. (2020). Digital technologies as the basis for the digital transformation of modern society. *Vestnik Polesskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya obshchestvennykh i gumanitarnykh nauk [Bulletin of Polessky State University. Series of Social Sciences and Humanities]*, 1, 37–44. ISSN 2078-1032 (In Russ.)

Mityaeva, N. V. & Zavodilo, O. V. (2019). Barriers to digital transformation and ways to overcome them. *Promyshlennost: ekonomika, upravlenie, tekhnologii [Industry: Economics, Management, Technology]*, 3(77), 20–24. EDN PPYTMM (In Russ.)

Ozornin, S. Y. & Terlyga, N.G. (2020). Problems of digital transformation of enterprises: a managerial aspect. *Evraziyskiy soyuz uchenykh [Eurasian Union of Scientists]*, 4–7(73), 49–59. EDN HIBBBJ (In Russ.)

Sklyar, M. A. & Kudryavtseva, K. V. (2019) Digitalization: main directions, advantages and risks. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia]*, 3(61), 103–114. EDN BAWPJQ (In Russ.)

Sokolinskaya, N. E. & Zinovieva, E. A. (2021). Key digital technologies of the «future» in Russia. *Finansovye rynki i banki [Financial Markets and Banks]*, 5, 42–49. EDN HTFOFA. (In Russ.)

Fakhretdinov, D. M. (2021). Automation of production in enterprises. *Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya [Problems of Modern Science and Education]*, 9(166), 30–33. EDN NJICEM (In Russ.)

Fedorov, I.G. & Sotnikov, A.N. (2022). Analysis and justification of the effect of digital transformation of enterprises and organizations. *Otkrytoe obrazovanie [Open Education]*, 26(5), 61–69. <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2022-5-61-69> (In Russ.)

Tsyrenov, D.D. & Plotnikova, A.P. (2024). Digital business transformation: impact on efficiency and competitiveness. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya [Natural Sciences and Humanities Research]*, 5(55), 660–663. EDN DPPKRJ (In Russ.)

Shompolov, A. D. (2024). The advantages of introducing digital solutions into the business processes of industrial enterprises in the Russian Federation. *Vestnik nauki [Bulletin of Science]*, 5–6(75), 231–236. EDN OKQNLV (In Russ.)

Сведения об авторах

Михайлов Павел Александрович — аналитик, НИЛ «Цифровая экономика промышленности», аспирант, ВИЭШ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Российская Федерация, 195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д. 29, литера Б; e-mail: pavel-mikhailov1999@yandex.ru).

Сульков Максим Владимирович — магистрант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Российская Федерация,

195251, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Академическое, ул. Политехническая, д. 29, литера Б; e-mail: maksim.sulkov@mail.ru).

Pavel A. Mikhailov — analyst at the Research Institute «Digital Economy Industry», postgraduate student of the VIES, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Russian Federation; 195251, St. Petersburg, Vn. Ter., Municipal District of Akademicheskoye, Politekhnikeskaya Street, 29, Building B; e-mail: pavel-mixailov1999@yandex.ru).

Maxim V. Sulkov — Master's in Economics and Organization Management at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Russian Federation; 195251, St. Petersburg, Vn. Ter., Municipal District of Akademicheskoye, Politekhnikeskaya Street, 29, Building B; e-mail: maksim.sulkov@mail.ru).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 339.924

JEL classification: F15, D83, O31

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-16>

Экспорт знаний индустриальных регионов в условиях цифровизации¹

Ю. Г. Мыслякова

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0001-7635-3601>

Автор для корреспонденции: Ю. Г. Мыслякова (myslyakova.ug@uiec.ru).

Аннотация. В условиях цифровизации экспорт знаний выступает действенным инструментом геополитического позиционирования российских регионов, а публикация материалов авторов в международных научных изданиях влияет на включенность страны в мировое научно-технологическое пространство. Целью данного исследования служит экспресс-оценка экспорта знания индустриальных регионов по трем векторам измерения: интенсивности экспортных потоков знания, представленной в рамках публикационной активности в международной научной базе, влиятельности этих публикаций и их тематической востребованности. В выборку для анализа взяты столицы и административные центры индустриально развитых российских регионов. Исследование проводилось на данных международной научной базы Scopus, на временном периоде 2008–2025 годов. В качестве основных методов использовался наукометрический анализ публикаций авторов в журналах открытого и закрытого доступа, а также метод территориального рейтингования. В результате исследования получена типология регионов по статусу: лидеры, активные экспортеры, пассивные экспортеры и внутривострановые экспортеры знаний, — подтверждающая важность развития цифровых платформ, повышающих возможности создания новых межстрановых коллабораций, генерирующих новое высокотехнологическое знание.

Ключевые слова: экспорт знаний, индустриально развитые регионы, публикационная активность, влиятельность публикаций, цифровые платформы

¹ © Мыслякова Ю. Г. Текст. 2026.

Exporting knowledge of industrial regions in the context of digitalization

Yu. G. Myslyakova

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0001-7635-3601>

Corresponding author: Yu. G. Myslyakova (myslyakova.ug@uiec.ru).

Abstract. *In the context of digitalization, the export of knowledge is an effective tool for the geopolitical positioning of Russian regions, and the publication of materials by authors in international scientific publications has an impact on the country's involvement in the global scientific and technological space. The purpose of this study is an express assessment of knowledge exports from industrial regions based on three measurement vectors: the intensity of knowledge export flows presented as part of publication activity in the international scientific database, the impact of these publications and their thematic relevance. The sample for analysis includes the capitals and administrative centers of industrially developed Russian regions. The study was conducted on the data of the international scientific database Scopus, for the time period 2008–2025. The main methods used were scientometric analysis of authors' publications in open and closed access journals, as well as the method of territorial rating. As a result of the research, a typology of regions by the status of "knowledge exporter" was obtained: leaders, active knowledge exporters, passive knowledge exporters and intra-country knowledge exporters, confirming the importance of developing digital platforms that increase the possibilities of creating new cross-country collaborations generating new high-tech knowledge.*

Keywords: export of knowledge, industrially developed regions, publication activity, influence of publications, digital platforms

Введение

Цифровые технологии трансформировали ландшафт экспорта знаний, дополнив его традиционные способы (печатные журналы и очные конференции) цифровыми инструментами и платформами. Этот сдвиг повлиял на все аспекты научной коммуникации — от способа публикации исследований до методов доступа к ним и их распространения. Так, например, онлайн-вые издательские платформы, такие как ORCID, DOI, Google Scholar и каталоги с открытым доступом (DOAJ), упрощают для исследователей возможность делиться своими работами с глобальной аудиторией, ускоряя доступ к научным открытиям и инновационным идеям, разработанным в разных странах (Mustillo, 2025). Кроме того, цифровые технологии позволяют использовать новые форматы взаимодействия, такие как мультимедийный

контент и интерактивные визуализации данных, что повышает эффективность передачи знаний, а значит, облегчает экспорт знаний.

Потребность в экспорте знаний обусловлена необходимостью синтеза различных знаний отдельно взятых экспертов и профессионалов разных научных областей. Такая потребность сначала возникла в технических науках, когда появилась целесообразность интеграции знаний и прикладных компетенций для создания множества новых разнородных и наукоемких технологий (Adams et al., 2005). Зарубежная статистика свидетельствует о том, что еще в начале XX в. на соавторство как вид экспорта знаний приходилось лишь около 10 % всех публикаций в мире, но к концу века этот показатель вырос до 50 %. Рост совместных публикаций не ослабевает и в настоящее время (Frenken et al., 2005), а сотрудничество с целью создания нового знания не ограничивается локальным взаимодействием учёных, оно протекает в рамках научно-исследовательских сетей (Wagner et al., 2015; Leydesdorff et al., 2013), охватывающих различные организации, пересекающих географические границы регионов и стран, а также стирающих институциональные границы между всеми исследователями развитых и развивающихся стран (Gibbons et al., 1994).

В рамках международных исследовательских сетей, в т. ч. сформированных экспортом знаний, производство нового знания представляет собой не просто тенденцию, а «четвертую эпоху» исследовательской деятельности, следующую за индивидуальными, институциональными и национальными этапами ее организации (Adams, 2013), в рамках которой измеряются объемы сетевой научной продукции и усиливается ее влияние (Franzoni et al., 2011). Такие инструменты, как «облачный» обмен документами и видеоконференции, упростили взаимодействие и обмен знаниями, что и привело к созданию международных исследовательских сетей и междисциплинарных партнерств.

Еще один аспект реализации экспортных потоков научного знания касается преодоления разрыва между исследователями развитых и развивающихся регионов, путем укрепления коммуникационных сетей, в рамках которых повышается результативность научного партнерства благодаря широкому использованию Интернета и становлению английского языка в качестве стандартного при изучении и разработке научного продукта в большинстве дисциплин (Wagner-Doebler, 2001).

Более того, наукометристами доказано, что существует дополнительный «бонус к цитируемости», получаемый от совместной научной межстрановой активности (Katz & Hicks, 1997; Van Raan, 1998;

Leydesdorff & Wagner, 2008; Schmoch & Schubert, 2008), который количественно впервые был оценен как научное влияние (Moed, 2005), оказавшееся гораздо выше у публикаций с интернациональным коллективом авторов при сравнительном анализе практик исследовательского межорганизационного и внутриорганизационного сотрудничества внутри конкретной страны (He, 2009). В целом пока еще не ясно, в результате чего именно возникает выгода, отраженная в индексах цитирования: из-за того, что сотрудничество привлекает возможности организации новых исследований, или она является результатом функционирования научно-исследовательской сети, в рамках которой возрастает доступ к публикациям у более широкой аудитории национальных и иностранных читателей.

В то же время существует разрыв в научном влиянии и производстве знаний, выражаемым количеством научных публикаций, между странами с высоким и низким уровнями дохода (Scores et al., 2020). США, Великобритания, Канада, Австралия и Европа демонстрируют удивительно высокий уровень научной продуктивности. Китай по объему научных исследований уступает США, но по количеству цитирований его опередил, в основном из-за огромного количества самоцитирований, при этом он все еще отстает по показателю научной влиятельности от евро-американского региона (Gomez, 2022). В то же время среднее количество цитирований на документ в Китае всё еще значительно ниже, чем в США и большинстве европейских стран. Еще один кейс касается Северной Америки и Европы, в котором говорится, что эти макрорегионы получают 42,3 % и 35,3 % мировых цитирований экспортируемого знания соответственно (Bornmann, 2014), а совокупное неравенство в цитировании растет в естественных науках, медицинских науках и сельскохозяйственных науках (Nielsen, 2021). В связи с этим можно сделать вывод, что экспортируемое знание индустриально развитых стран особенно важно для развивающихся территорий и регионов с низким уровнем дохода, поэтому они наиболее заинтересованы и активны в выстраивании международных научных коммуникаций, в т. ч. с использованием современных цифровых технологий. Наиболее частыми международными партнерами по сотрудничеству стран с низким и средним уровнем дохода являются исследователи из США, Китая, Германии и Франции (Cary & Rockwell, 2020).

Цель данного исследования — выполнить экспресс-оценку экспорта научного знания индустриальных регионов в условиях цифровизации в контексте трех показателей: интенсивности экспортных потоков знания, представленной в рамках публикаци-

онной активности в международной научной базе, влиятельности этих публикаций и их тематической востребованности, а также выявить основных стран-партнеров в научно-исследовательских коллаборациях российских и иностранных авторов.

Полученные результаты могут быть полезны органам федеральной и региональной власти в процессе принятия решений, направленных на совершенствование политики научно-технологического развития промышленных регионов и усиления межстранового научного взаимодействия.

Метод исследования

В выборку для анализа взяты индустриально развитые российские регионы регионов, имеющие статус ранее старопромышленных (% обрабатывающих отраслей в ВРП региона 2018–2023 гг. ≥ 25 %), при этом исследовательское поле составляют их столицы и административные центры, являющиеся научными центрами с высокой территориальной концентрацией университетов. Исследование проводилось на данных международной научной базы Scopus, на временном периоде 2008–2025 гг. В качестве основных методов использовался наукометрический анализ публикаций авторов в журналах открытого и закрытого доступа, а также метод территориального рейтингования, позволяющий определить типологию экспортеров знаний.

Экспресс-оценка экспорта знаний осуществляется в рамках трех шагов:

1) измерение интенсивности и страновых направлений экспортных потоков знания на основе показателя число публикаций в журналах, индексируемых в Scopus. Здесь используется метод нормирования по формуле (1):

$$Export_{knowledge}^{year} = \frac{x_i - x^{\min}}{x^{\max} - x^{\min}}, \quad (1)$$

где x_i — значение показателя, характеризующего публикации авторов i -го региона в научных изданиях конкретного года, индексируемых МНБ Scopus; x^{\min} — минимальное значение показателя в выборке регионов; x^{\max} — максимальное значение показателя (взяты показатели по РФ);

2) определение влиятельности публикаций в журналах, индексируемых в Scopus, на основе средней цитируемости одной публикации за пятилетний период 2020–2025 гг.;

3) выявление тематической востребованности на основе пятилетнего индекса Хирша публикаций в журналах, индексируемых в Scopus за 2020–2025 гг.

Итоговым исследовательским шагом служит рейтингование индустриальных регионов как по каждому направлению, так и в целом на основе интеграции полученных оценок, что позволяет типологизировать территории по статусу «экспортер знаний».

В фокусе анализа – исследовательские и обзорные статьи в научных журналах, а также главы (разделы) монографий, опубликованные и / или находящиеся в печати в изданиях, представленных в Scopus.

Результаты исследования

В рамках первого шага исследования получены результаты сравнительного анализа публикаций авторов, имеющих аффилиации организаций, размещенных в индустриально развитых регионах, после нормирования и усреднения значений, полученных на периоде 2008–2025 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Рейтинг индустриально развитых регионов по интенсивности экспортируемого знания

| Субъект РФ | % обрабатывающей промышленности в ВРП | Export knowledge 2008–2025 | Топ-5 стран, в которые идет экспорт знаний |
|-------------------------|--|-----------------------------------|---|
| Свердловская область | 25,74 | 0,1825 | Германия, Китай, Саудовская Аравия, Индия, США |
| Республика Башкортостан | 29,1 | 0,1482 | Китай, США, Германия, Великобритания, Франция |
| Красноярский край | 30,38 | 0,1437 | Германия США, Китай, Франция, Великобритания |
| Пермский край | 27,88 | 0,1086 | Германия США, Великобритания, Франция, Китай |
| Челябинская область | 27,7 | 0,0989 | Индия, США, Саудовская Аравия, Германия |
| Ленинградская область | 29,38 | 0,0711 | Германия, США, Италия, Китай, Великобритания |
| Ярославская область | 27,5 | 0,0509 | США, Германия, Китай, Бразилия, Италия |
| Омская область | 25,2 | 0,0481 | США, Казахстан, Германия, Франция, Польша |

Окончание табл. 1 на след. стр.

| Субъект РФ | % обрабатывающей промышленности в ВРП | Export knowledge 2008–2025 | Топ-5 стран, в которые идет экспорт знаний |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------|--|
| Архангельская область | 25,22 | 0,0340 | Норвегия, Франция, Казахстан, Великобритания, США |
| Мурманская область | 25,64 | 0,0274 | Норвегия, США, Германия, Финляндия, Великобритания |
| Кировская область | 25,38 | 0,0210 | Украина, Польша, США, Германия, Киргизия |
| Калужская область | 39,14 | 0,0200 | США, Франция, Германия, Япония, Бельгия |
| Владимирская область | 35,14 | 0,0196 | Китай, США, Великобритания, Германия, Италия |
| Тульская область | 41,38 | 0,0193 | Германия, Испания, Мексика, США, Индия |
| Рязанская область | 25,32 | 0,0184 | Португалия, Китай, США, Германия, Беларусь |
| Чувашская Республика | 26,4 | 0,0174 | США, Казахстан, Германия, Украина, Испания |
| Липецкая область | 40,26 | 0,0113 | США, Китай, Украина, Казахстан, Германия |
| Нижегородская область | 26,16 | 0,0095 | США, Италия, Германия, Великобритания, Франция |
| Вологодская область | 43,68 | 0,0083 | Великобритания, Польша, США, Таджикистан, Швеция |
| Новгородская область | 37,44 | 0,0052 | Индонезия, Индия, Германия, Китай, Беларусь |

Источник: сост. автором на основе данных международной научной базы Scopus. [Электронный ресурс]. <https://www.scopus.com> (дата обращения: 15.10.2026).

Лидерами по экспорту знаний в рамках публикационной активности стали Свердловская и Челябинская области, Республика Башкортостан, Красноярский и Пермский края. Интересным наблюдением оказалось то, что процентная доля обрабатывающих производств в ВРП региона не коррелирует с объемом публикационного экспорта знаний ($r = -0,31$), особенно это хорошо видно на примере Липецкой области, Тульской области, Вологодской области и т. п. Это позволяет предположить, что публикуемые материалы не посвящены инновационному развитию обрабатывающих отраслей регионов, на которых они специализируются, либо они су-

щественно шире по научным тематикам, что может свидетельствовать о начальных этапах или предпосылках диверсификации экономики данных территорий.

Еще одним наблюдением служит выявленный пул стран, авторы которых активно публикуют совместные статьи с российскими исследователями. В таблице 1 они упомянуты с учетом их количественного участия в исследованиях с российскими учеными. Лидерами научных коллабораций являются такие развитые страны, как Германия, США, Китай, Великобритания, Франция, что говорит о высоком уровне разработок технологических идей, создаваемых совместно, и включенности российского научного сообщества в глобальное исследовательское сотрудничество. В то же время доля результатов внутрироссийских совместных исследований, представленных в МНБ Scopus, остается максимально высокой в процентном соотношении.

Безусловно, количество публикаций в МНБ российских авторов не является единственным показателем, характеризующим экспорт знаний, поэтому больший интерес вызывает его влияние. В рамках второго оценочного шага используется индикатор средней цитируемости одной статьи за последние 5 лет, опубликованной и индексируемой в Scopus в 2020 г. (табл. 2).

Здесь лидерами стали Ленинградская область (существенный отрыв от остальных рейтинговых позиций), Челябинская область, Мурманская область, Свердловская область и Архангельская область. Примечательно, что уральские регионы снова оказались в топе рейтинга, что позволяет говорить о наибольшем интересе к новаторским идеям авторов этих территорий и высоком научно-исследовательском потенциале этих территорий.

Кейс отрыва Ленинградской области по цитированию подтверждает доказанную ранее другими авторами зависимость большей цитируемости совместных публикаций от более широкого состава интернационального коллектива авторов. У данного региона относительно высокий экспорт знаний, который реализуется при участии наибольшего числа зарубежных авторов, по сравнению с другими регионами.

Липецкая, Калужская и Вологодская области тут тоже оказались аутсайдерами, что позволяет сделать предположение, что специализация этих территорий завязана на низко- или среднетехнологичных переделах, в которых НИОКР не играют доминирующую роль развития отраслей. Как следствие, это сказывается на общем исследовательском потенциале территорий, который в большей

**Рейтинг индустриально развитых регионов
по влиятельности экспортируемого знания**

| Субъект РФ | % обрабатывающей промышленности в ВРП | Средняя цитируемость 1 публикации в Scopus |
|-------------------------|--|---|
| Ленинградская область | 29,38 | 27,25610 |
| Челябинская область | 27,70 | 19,87090 |
| Мурманская область | 25,64 | 15,04762 |
| Свердловская область | 25,74 | 12,89670 |
| Архангельская область | 25,22 | 11,46970 |
| Ярославская область | 27,50 | 11,34600 |
| Нижегородская область | 26,16 | 10,41770 |
| Красноярский край | 30,38 | 10,24930 |
| Омская область | 25,20 | 8,39880 |
| Республика Башкортостан | 29,10 | 8,23080 |
| Владимирская область | 35,14 | 6,05880 |
| Пермский край | 27,88 | 5,96650 |
| Тульская область | 41,38 | 5,91440 |
| Новгородская область | 37,44 | 5,38180 |
| Вологодская область | 43,68 | 4,64490 |
| Кировская область | 25,38 | 4,54930 |
| Рязанская область | 25,32 | 4,31000 |
| Калужская область | 39,14 | 3,58620 |
| Чувашская Республика | 26,40 | 3,57450 |
| Липецкая область | 40,26 | 2,71430 |

Источник: сост. автором на основе данных МНБ Scopus. [Электронный ресурс]. <https://www.scopus.com> (дата обращения: 15.10.2026).

степени усиливает существенный разрыв между производственными процессами и научной базой, генерируемой университетами. Также стоит отметить, что в целом наблюдается очень слабая отрицательная корреляция между средней цитируемостью экспортного знания и долей обрабатывающей промышленности ($r = -0,38$).

В рамках третьего исследовательского шага усилим оценку влиятельности экспортируемых знаний путем рейтингования индустриально развитых регионов по пятилетнему индексу Хирша публикаций 2020–2025 гг., что позволит зафиксировать наличие и величину наиболее интересных тематических кластеров для мирового научного сообщества и тем самым определить наличие концентрируемости экспортируемого знания (табл. 3).

**Рейтинг индустриально развитых регионов
по тематической востребованности экспортируемого знания**

| Субъект РФ | % обрабатывающей промышленности в ВРП | Индекс Хирша за 5 лет публикаций 2020–2025 гг. |
|-------------------------|---------------------------------------|--|
| Челябинская область | 27,70 | 81 |
| Свердловская область | 25,74 | 61 |
| Ленинградская область | 29,38 | 56 |
| Красноярский край | 30,38 | 49 |
| Республика Башкортостан | 29,10 | 42 |
| Архангельская область | 25,22 | 31 |
| Пермский край | 27,88 | 29 |
| Ярославская область | 27,50 | 28 |
| Омская область | 25,20 | 26 |
| Мурманская область | 25,64 | 20 |
| Владимирская область | 35,14 | 19 |
| Кировская область | 25,38 | 17 |
| Тульская область | 41,38 | 15 |
| Нижегородская область | 26,16 | 14 |
| Рязанская область | 25,32 | 14 |
| Чувашская Республика | 26,40 | 12 |
| Новгородская область | 37,44 | 11 |
| Вологодская область | 43,68 | 10 |
| Калужская область | 39,14 | 9 |
| Липецкая область | 40,26 | 8 |

Источник: сост. автором на основе данных МНБ Scopus. [Электронный ресурс]. <https://www.scopus.com> (дата обращения: 15.10.2026).

Первые позиции рейтинга с большим отрывом заняла Челябинская область, также верхние места принадлежат Свердловской и Ленинградской областям, Красноярскому краю и Республике Башкортостан.

Данные территории обладают промышленным и научным лидерством, которое сказывается на уровне инновационной активности субъектов хозяйствования, а сами регионы с учетом локализованных на их территориях производств представляют научно-производственные хабы. В аутсайдерах оказались Вологодская, Калужская и Липецкая области, положение которых обусловлено двумя предыдущими показателями.

Обсуждение

В рамках выполненного исследования были определены рейтинги индустриально развитых регионов, на основе трех показателей наукометрического анализа, позволяющих комплексно оценить экспорт знаний авторов, у которых аффилиация организаций соответствует столицам этих территорий.

Оценка проводилась в рамках трех исследовательских шагов, интеграция результатов которых дает охарактеризовать индустриально развитые регионы как экспортеров знаний, сгруппировав по четырем кластерам:

— научные лидеры — регионы, авторы которых генерируют знания мирового уровня и активно притягивают в коллаборации иностранных исследователей. Их статьи широко цитируются по всему миру, в целом эти территории имеют максимальные значения всех трех анализируемых показателей;

— активные экспортеры знаний — регионы, авторы которых производят значимые экспортируемые знания самостоятельно и в рамках коллабораций с зарубежными исследователями, вызывающие тематический интерес у мирового научного сообщества;

— пассивные экспортеры знаний — регионы, авторы которых слабо представлены в МНБ Scopus, не являются доминирующими соавторами, ориентированы в большей степени на импорт знаний, чем на экспорт в рамках научных коллабораций;

— внутристрановые экспортеры знаний — регионы, публикационная активность авторов которых ориентирована на генерацию и экспансию знания внутри страны или реализуется в изданиях с низкой международной видимостью (не в Scopus).

Полученная типология представлена в таблице 4.

Региональные статусы экспортеров знаний можно сопоставить с инновационным кодом соответствующих территорий, который у них сгенерировался на периоде 2008–2023 гг. В результате отмечается, что у регионов — лидеров экспорта знания данный показатель максимальный. Объяснить это можно тем, что участники инновационной активности: предприятия, органы власти и население — в рамках их сетевого взаимодействия друг с другом генерируют высокотехнологическое знание, имея для этого современную научно-производственную базу.

Для активных экспортеров характерен разрыв между разработками инновационных идей, которые интересны мировому научному сообществу, и их практической реализацией в регионе. Это

**Типологизация индустриально развитых регионов
по статусу экспортера знаний**

| Субъект РФ | Интенсивность потока экспортного знания | Влиятельность экспортного знания | Кластерность вос- требованности экс- портного знания | Статус экспорте- ра знания | Инно- вацион- ный код [*] 2008– 2023 гг. |
|-------------------------|---|----------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| Челябинская область | 1 | 1 | 1 | Лидеры | 0,345 |
| Свердловская область | 1 | 1 | 1 | | |
| Ленинградская область | 2 | 1 | 1 | | |
| Красноярский край | 1 | 2 | 1 | | |
| Республика Башкортостан | 1 | 2 | 1 | | |
| Архангельская область | 2 | 1 | 2 | Активные экспорте- ры знаний | 0,2653 |
| Мурманская область | 2 | 1 | 2 | | |
| Пермский край | 1 | 3 | 2 | | |
| Ярославская область | 2 | 2 | 2 | | |
| Омская область | 2 | 2 | 2 | Пассивные экспорте- ры знаний | 0,308 |
| Владимирская область | 3 | 3 | 3 | | |
| Тульская область | 3 | 3 | 3 | | |
| Нижегородская область | 4 | 2 | 3 | | |
| Кировская область | 3 | 4 | 3 | | |
| Рязанская область | 3 | 4 | 3 | Внутри- страновые экспорте- ры знаний | 0,3183 |
| Новгородская область | 4 | 3 | 4 | | |
| Вологодская область | 4 | 3 | 4 | | |
| Калужская область | 3 | 4 | 4 | | |
| Чувашская Республика | 4 | 4 | 4 | | |
| Липецкая область | 4 | 4 | 4 | | |

^{*} Расчет инновационного кода представлен в: Мыслякова, Ю. Г. (2025). Идентификация ядерных сил формирования инновационного кода регионального экономического развития. *Управление в современных системах*, 4.

Источник: сост. автором.

требует ускорения экспортируемых задумок в практике хозяйствующих субъектов.

Для пассивных экспортеров знаний фиксируется слабая представленность публикаций в Scopus и низкий потенциал научной влияния на мировое сообщество. Фиксируется инновацион-

ная активность данных регионов, однако их новые исследовательские идеи и разработки в большей степени адаптированы к решению российских экономических проблем.

Для внутристрановых экспортеров знаний характерна слабая экспортная ориентированность, обусловленная фокусом хозяйственной практики на усиление межрегионального научного сотрудничества и укрепление национальной исследовательской деятельности.

Заключение

Проведенное исследование позволило типологизировать индустриально развитые регионы по их вкладу в экспорт знаний страны. Новизна подхода к типологизации обусловлена использованием наукометрических показателей для оценки экспортного потока, позволяющих учитывать интенсивность, влияние и кластерность востребованности передаваемого знания. В основе такого подхода лежит понимание того, что публикация в научном издании представляет собой интеллектуальную единицу, прошедшую рецензирование, т. е. определенную проверку профессиональным сообществом. При этом цифровизация усиливает роль публикаций как основного инструмента экспорта знаний, превращая статьи в цифровой объект, быстро и легко доступный в глобальных базах данных (Scopus, Web of Science, DOAJ), а сам процесс создания знаний в платформенный механизм внутристрановых и межстрановых научных коллабораций (Mongeon & Paul-Hus, 2016; Wuchty et al., 2007).

Кроме того, основные цифровые инструменты данного механизма усиливают экспорт знаний, поскольку являются связующими элементами исследовательского сетевого сотрудничества, например:

- облачные сервисы: Overleaf, Google Workspace, GitHub в сочетании со специализированным программным обеспечением позволяют генерировать идеи и реализовывать исследования в режиме 24/7, стирая географические границы, т. е. удаленность участников коллабораций друг от друга уже не имеет значения;

- платформы типа ResearchGate или Scopus помогают исследователям найти друг друга по цифровым следам для реализации совместных проектов, получения патентов или написания статей по схожим тематическим областям. Такой платформенный поиск способствует расширению междисциплинарности совместных проектов, исключая сегментированность знания и узкий фокус на результативность в рамках одной научной сферы;

- предварительное размещение неопубликованных результатов исследований в таких репозиториях, как на arXiv, SSRN, bioRxiv

и др., в качестве препринтов позволяет быстро получить отклик мирового сообщества и привлечь заинтересованных соавторов для дальнейшей доработки материалов с целью опубликования в научных периодических изданиях или монографиях.

Однако в условиях геополитического давления доступ к данным цифровым площадкам существенно зависит от протекционистской политики стран базирования штаб-квартир организаций — создателей этих платформ. Поэтому необходимо создавать российские международные платформы и открытые библиотеки, ориентированные на размещение публикаций не только российских, но и зарубежных авторов и изданий в целом. Такие цифровые инструменты для индустриальных регионов будут не просто способом увеличения наукометрических показателей публикационной активности, а ключевым каналом системного экспорта знаний, глубокой включенности в мировое научное пространство, а также долгосрочного научно-технологического сотрудничества. Безусловно, такая работа уже ведется, и одним из примеров успешного российского проекта можно считать CoLab.ws — платформу для ученых, научных организаций и лабораторий, обладающую функционалом для выстраивания совместных исследований и коммуникаций. Однако таких платформ с расширенным функционалом экспорта знаний должно быть гораздо больше.

Дальнейшим направлением данного исследования станет определение наличия концентрации экспортируемого знания вокруг специализации индустриально развитых регионов с использованием цифровых платформ открытого доступа, что позволит в целом говорить об экономическом коде цифрового знания, востребованного мировым научным сообществом и экспортируемого российскими промышленными регионами.

Список источников

Adams, J. (2013). The fourth age of research. *Nature*, 497, 557–560. <https://doi.org/10.1038/497557a>

Adams, J. D., Black, G. C., Clemmons, J. R., & Stephan, P. E. (2005). Scientific teams and institutional collaborations: Evidence from US universities, 1981–1999. *Research policy*, 34(3), 259–285.

Bornmann, L., Stefaner, M., de Moya Anegón, F. & Mutz, R. (2014). What Is the Effect of Country-Specific Characteristics on the Research Performance of Scientific Institutions? Using Multi-Level Statistical Models to Rank and Map Universities and Research-Focused Institutions Worldwide. *J. Informetr.* 8, 581–593. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2014.04.008>

Cary, M. & Rockwell, T. (2020). International Collaboration in Open Access Publications: How Income Shapes International Collaboration. *Publications*, 8, 13. <https://doi.org/10.3390/publications8010013>

Franzoni, C., Scellato, G., & Stephan, P. (2011). Changing incentives to publish. *Science*, 333(6043), 702–703. <https://doi.org/10.1126/science.1197286>

Frenken, K., Hölzl, W., & De Vor, F. (2005). The citation impact of research collaborations: the case of European biotechnology and applied microbiology (1988–2002). *Journal of Engineering and Technology Management*, 22(1–2), 9–30. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2004.11.002>

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., & Scott, P. (1994). *The New Production of Knowledge*. Sage.

Gomez, C.J., Herman, A.C. & Parigi, P. (2022). Leading Countries in Global Science Increasingly Receive More Citations than Other Countries Doing Similar Research. *Nat. Hum. Behav.*, 6, 919–929. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01351-5>

He, Z.-L. (2009). International collaboration does not have greater epistemic authority. *J. Assoc. Inform. Sci. Technol.* 60, 2151–2164. <https://doi.org/10.1002/asi.21150>

Katz, J. S. (1994). Geographical proximity and scientific collaboration. *Scientometrics*, 31(1), 31–43. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02018100>

Katz, J. S. & Hicks, D. (1997). How much is a collaboration worth? A calibrated bibliometric model. *Scientometrics*, 40, 541–554. <https://doi.org/10.1007/BF02459299>

Leydesdorff, L. & Wagner, C. S. (2008). International collaboration in science and the formation of a core group. *J. Informetr.*, 2, 317–325. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2008.07.003>

Leydesdorff, L., Wagner, C. S., Park, H. W., & Adams, J. (2013). International collaboration in science: the global map and the network. *El Profesional de la Información*, 22, 87–94. <https://doi.org/10.3145/epi.2013.ene.12>

Moed, H. F. (2005). *Citation Analysis in Research Evaluation*. Dordrecht: Springer

Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>

Mustillo, T. (2025). Building a FAIR, linked, and open data ecosystem: innovation cascades in political science. *European Political Science*, 24(4), 810–825. <https://doi.org/10.1057/s41304-025-00520-0>

Nielsen, M.W. & Andersen, J.P. (2021). Global Citation Inequality Is on the Rise. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 118, e2012208118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2012208118>

Schmoch, U., & Schubert, T. (2008). Are international co-publications an indicator for quality of scientific research? *Scientometrics*, 74, 361–377. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1818-5>

Skopec, M., Issa, H., Reed, J. & Harris, M. (2020). The Role of Geographic Bias in Knowledge Diffusion: A Systematic Review and Narrative Synthesis. *Res. Integr. Peer Rev.*, 5, 2. <https://doi.org/10.1186/s41073-019-0088-0>

Van Raan, A. F. J. (1998). The influence of international collaboration on the impact of research results — some simple mathematical considerations concerning the role of self-citations. *Scientometrics* 42, 423–428. <https://doi.org/10.1007/BF02458380>

Wagner, C. S., Park, H. W., & Leydesdorff, L. (2015). The continuing growth of global cooperation networks in research: a conundrum for national governments. *PLoS ONE*, 10:e0131816. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131816>

Wagner-Dobler, R. (2001). Continuity and discontinuity of collaboration behaviour since 1800 — from a bibliometric point of view. *Scientometrics*, 52(3), 503–517. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1014208219788>

Wuchty, S., Jones, B. F., & Uzzi, B. (2007). The increasing dominance of teams in production of knowledge. *Science*, 316(5827), 1036–1039. <https://doi.org/10.1126/science.1136099>

Сведения об авторе

Мыслякова Юлия Геннадьевна — кандидат экономических наук, заведующая Лабораторией экономической генетики регионов, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0001-7635-3601> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: myslyakova.ug@uiec.ru).

Yuliya G. Myslyakova — Cand. Sci. (Econ.), Head of the Laboratory of Economic Genetics of the Regions, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0000-0001-7635-3601> (29, Moskovskaya str., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: myslyakova.ug@uiec.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

Author declares that she has not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 339.137.21

JEL classification: A12, R11, O11

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-17>

Информатизация и роботизация экономики и экономический рост в регионе (по материалам Республики Коми)¹

Н. Д. Найденов^а, Е. Н. Новокшонова^б

^а Институт переподготовки и повышения квалификации работников АПК Республики Коми (г. Сыктывкар, Россия).

^б Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина (г. Сыктывкар, Россия).

^а <https://orcid.org/0000-002-5159-6014>

^б <https://orcid.org/0000-0002-8030-6960>

Автор для корреспонденции: Н. Д. Найденов (ND.Naidenov@mail.ru).

Аннотация. Цель статьи — проанализировать воздействие способов передачи и хранения информации на экономическую динамику, используя материалы Республики Коми за 2015–2024 годы. Основные способы передачи и хранения информации — это невербальная, вербальная, письменная, печатная, электрическая. Под искусственным интеллектом авторы понимают производство информации путем вычислительных операций электрических счетных машин. Зона искусственного интеллекта получает всё большую функциональную самостоятельность и порождает эффект нарастающей зависимости человеческого знания и опыта от искусственного интеллекта. В статье показано, что по состоянию на 2023 год в организациях Республики Коми используются 13 видов цифровых технологий, в том числе технологии в персональных компьютерах, Интернет, технологии искусственного интеллекта, технологии Интернета вещей и др. Динамика с 2010 года характеризуется устойчивым ростом по всем видам цифровых технологий. Корреляция между индексами роста валового регионального продукта и числом компьютеров в организациях составила за 2015–2019 годы 0,446, а за период 2019–2022 годов — 0,982.

Ключевые слова: Республика Коми, информационная экономика, экономический рост, электрические машины обработки информации, счетные машины, программное обеспечение, затраты на информатизацию в регионе

¹ © Найденов Н. Д., Новокшонова Е. Н. Текст. 2026.

Informatization and Robotization of the Economy and Economic Growth in the Region (based on Materials from the Komi Republic)

N. D. Naidenov ^a, E. N. Novokshnova ^b

^a Institute for Retraining and Advanced Training of Agricultural Workers, Komi Republic (Syktyvkar, Russia).

^b Pitirim Sorokin Syktyvkar State University (Syktyvkar, Russia).

^a <https://orcid.org/0000-002-5159-6014>

^b <https://orcid.org/0000-0002-8030-6960>

Corresponding author: N. D. Naidenov (ND.Naidenov@mail.ru).

Abstract. *The purpose of this article is to analyze the impact of information transmission and storage methods on economic dynamics, using data from the Komi Republic for 2015–2024. The main methods of transmitting and storing information include non-verbal, verbal, written, printed, and electrical. By artificial intelligence, the authors define the production of information through the computational operations of electrical computers. The artificial intelligence sector is gaining increasing functional independence and is generating the effect of increasing dependence of human knowledge and experience on artificial intelligence. The article shows that, as of 2023, organizations in the Komi Republic are using 13 types of digital technologies, including personal computer technologies, the internet, artificial intelligence technologies, the Internet of Things technologies, and others. Since 2010, the dynamics have been characterized by steady growth in all types of digital technologies. The correlation between the growth indices of the gross regional product and the number of computers in organizations was 0,446 for 201–2019, and 0,982 for the period 2019–2022.*

Keywords: Komi Republic, information economy, economic growth, electrical information processing machines, computing machines, software, IT costs in the region

Введение

В рамках данного исследования под информацией мы будем понимать совокупность воспринимаемых человеческими органами чувств сигналов, на основании которых мозг человека формирует отражение реального мира и его реальных связей в себе.

Различаются следующие типы информации: невербальная, вербальная, письменная, печатная, электрическая. Электрическая информация — это сигналы, хранящиеся на специальных устройствах.

Под искусственным интеллектом мы понимаем информацию, которая получена путем вычислительных операций электрических счетных машин. Зона искусственного интеллекта получает всё большую функциональную самостоятельность и порождает эффект

нарастающей зависимости человеческого знания и опыта от этой зоны. К конкретным материальным выражениям искусственного интеллекта можно отнести Интернет-вещи, технологии больших данных, рекламные технологии, технологии распознавания образов, генераторы сигналов (датчики, сенсоры и т. д.).

Обзор литературы

Предвестником искусственного интеллекта мы считаем Ч. Баббеджа. В 1812 г. Чарлз Баббедж (Charles Babbage, 1792–1871), английский ученый, работавший в области математики, вычислительной техники и механики, выступил инициатором применения механических устройств для вычисления и печатания математических таблиц. У Баббеджа возникла идея разностной вычислительной машины — *Difference Engine*. Строительство этой машины, которая должна была вычислять любую функцию, заданную ее первыми пятью разностями, началось в 1823 г. на средства английского правительства. Однако в 1833 г. работа была прекращена в связи с финансовыми трудностями. К этому времени у Ч. Баббеджа возник проект другой, более совершенной машины. Эта машина, которую он назвал Аналитической машиной (*Analytical Engine*), должна была проводить вычислительный процесс, заданный любыми математическими формулами. Ч. Баббедж весь отдался конструированию своей новой машины. Однако к моменту его смерти оно так и не закончилось. Сын Баббеджа частично завершил строительство машины и провел успешные опыты по ее применению (Тьюринг, 1960).

Первую компьютерную программу предложила Августа Ада Лавлейс (Augusta Ada Lovelace, 1815–1857). Она ввела такие компьютерные термины, как цикл и ячейка. А. Лавлейс также составила набор операций для вычисления чисел Бернулли. По сути, этот набор операций можно рассматривать как первую компьютерную программу (Fuegi, 2003).

Первым программным компьютером стала машина SSEM (Small Scale Experimental Machine, 1948 г.). Машина создана Т. Килбурном (Thomas Kilburn). Первыми вычислительными машинами в СССР были МЭСМ (Модельная Электронная Счетная Машина, 1950 г.) и М-1, созданные С. Лебедевым и И. Бруком¹.

Родоначальником искусственного интеллекта мы считаем А. Тьюринга. В 1950 г. он написал статью «Могут ли машины мыс-

¹ Черняк, Л. (2010). Первые программы и программисты. 04.03.2010. <https://22osp.ru/os/2010/01/13000691> (дата обращения: 12.03.2021).

лить?». В своей статье ученый аргументировал, что цифровые вычислительные машины могут весьма точно подражать действиям человека-вычислителя, если им придать правильные порядки операций (Тьюринг, 1960). А. Тьюринг выдвинул тезис, что если человек не отличает ответы машины от ответов другого человека, то значит, машина обладает искусственным интеллектом.

Примерно в одно время с появлением первых компьютерных программ последовали теории социально-экономических сдвигов.

Теория единства производительных сил и производственных отношений К. Маркса (Маркс, 1959). Маркс ввел в теорию общественного развития два понятия: производительные силы и производственные отношения. Производительными силами называется совокупность средств производства и квалифицированной рабочей силы. Производственные отношения — это общественные отношения, складывающиеся в процессе производства, распределения и потребления материальных благ.

Изучение противоречивого взаимодействия производительных сил общества и производственных отношений является одним из основополагающих моментов в марксистском подходе к исследованию исторического развития социально-экономических систем. Понимание данного противоречия позволяет исследовать причинно-следственные связи, определяющие взаимодействие и взаимное влияние материальных и социальных факторов производства как источник эволюционного развития и революционных скачков в развитии общественного производства и его общественного устройства.

К. Леви-Стросс сформулировал теорию развития общества как игру в бисер в 1950 г. Он сравнивал развивающееся человечество с азартным игроком, чей выигрыш зависит от комбинации из нескольких чисел на игральных костях. Каждый раз, когда игрок кидает кости, они рассыпаются перед ним на ковре, открывая различные цифровые комбинации. Если одна из комбинаций — выигрышная, другая непременно принесёт неудачу. К. Леви-Стросс считал, что прогресс не может быть уподоблен однонаправленному подъему по лестнице. Некоторые сходные черты, свойственные различным народам, расам и обществам, позволяют говорить об общих закономерностях развития человеческого общества и цивилизации в целом. Прогресс, по мнению К. Леви-Стросса, является неоднозначным понятием, поскольку, помимо периодов собственно развития, включает в себя также периоды стагнации и даже регресса (Lévi-Strauss, 1952).

М. Маклюэн на фоне развития информационных технологий предложил концепт «Глобальной деревни» (1962). Суть этого концепта состоит в переходе «человеческих масс» от производства преимущественно материальных продуктов к затратам на поиск информации. Информация становится основным фактором производства. М. Маклюэн считал, что язык определяет сознание, а унификация языка в результате использования электрических информационных технологий создает новый формат мышления, нового человека и новую экономику (Mc Luhen, 1962).

В 1980 г. Э. Тоффлер выдвигает теорию трех сдвигов в развитии общества. Это сдвиги: аграрный при переходе от охоты к земледелию, индустриальный в результате индустриальной революции, информационный при переходе от индустриальной на постиндустриальные технологии, основанные на знании и информации (Toffler, 1980).

Таким образом, в научной литературе информатизация общества на основе новых материалов, электрической энергии и информационных технологий трактуется как переход человечества на качественно новый уровень экономического и социального развития.

Материалы и обсуждение

Мы считаем, что информация и знания действительно являются основным производительным фактором и ресурсом в отдельных отраслях, таких как связь, средства массовой информации. Однако в других отраслях информация является дополнительным к рабочей силе и человеческому капиталу ресурсом. Это хорошо просматривается в отраслях финансов и кредитов, государственного управления. В то же время сохраняются отрасли, где традиционные машины, механизмы и грубая рабочая сила играют первостепенную роль. Это отрасли: добыча полезных ископаемых, транспорт, сельское хозяйство, строительство и др.

Выгоды от информационных технологий проявляются трояко. Во-первых, через снижение затрат на поиск покупателей / продавцов. Здесь действует правило: чем больше доля затрат покупателя / продавца на поиск партнера по рыночной сделке, тем больше экономия при поиске партнера в ходе накопления информации (Стиглер, 2012). Во-вторых, через повышение производительности труда в отраслях материального производства и услуг в результате информатизации производственных процессов. Например, через автоматическую систему статистической оценки качества продукции. Автономные устройства и вычислительные механизмы (роботы, дроны) включаются в состав физических средств

производства, поэтому мы считаем, что использование информации через эти устройства оказывает косвенное участие в экономическом росте. В-третьих, через доходы и выгоды потребителей, полученные путем оказания информационных услуг, например, при внедрении системы платежей по банковским картам.

Например, доля массовых значимых услуг онлайн в России в 2023 г. составила 100 %. На платформе государственных сервисов оказывалось 18 федеральных услуг, за 2023 г. подано 1,26 млн заявлений, обрабатывалось 547 тыс. заявлений ежемесячно¹.

Особенности информатизации и цифровизации в Республике Коми

По состоянию на 2019 г. в Республике Коми продолжалась работа по и цифровизации экономики региона. Приоритетные задачи цифровизации региона были таковы:

- развитие услуг связи на территории Республики Коми, подключение к широкомасштабному доступу к Интернету удаленных и труднодоступных населенных пунктов республики;
- предоставление государственных и муниципальных услуг для жителей региона преимущественно в электронной форме;
- переход Республики Коми на цифровое телевидение;
- цифровая трансформация отраслей экономики, ориентация государственных республиканских структур на предоставление простых и удобных электронных сервисов для граждан.

В рамках федерального проекта «Информационная инфраструктура» национального проекта «Цифровая экономика» Российской Федерации в 2019 г. подключены к Интернету 176 социально значимых объектов (школы, ФАПы, объекты Росгвардии, объекты статистики и органы местного самоуправления)².

Количество поданных заявлений на получение государственных и муниципальных услуг через ЕПГУ (Единый портал государственных услуг) составил в 2019 г. 2,898 млн (800 % к уровню 2018 г.). По состоянию на 31.12.2019 г. на портале госуслуг зарегистрировано более чем 551 тыс. жителей республики, или 79 % всех жителей региона старше 14 лет.

¹ Экосистема цифровизации услуг. https://digital.gov.ru/uploaded/files/0-chernyishenko_0zg5OE2.pdf (дата обращения: 04.11.2025).

² Майнина, К. (2020). Об итогах 2019 года в сфере цифровых технологий и связи в Республике Коми. <https://d-russia.ru/ob-itogah-2019-goda-v-sfere-cifrovyyh-tehnologij-i-svyazi-v-republike-komi.html>. 03.03.2020 (дата обращения: 12.03.2021).

Затраты на внедрение и использование цифровых технологий в Республике Коми в 2019 г. составили 6234,9 млн руб. Объем услуг в сфере телекоммуникаций в 2019 г. составил 10146,9 млн руб. Объем услуг в сфере телекоммуникаций, оказанных населению в 2019 г. в фактических действующих ценах, составил 5439,1 млн руб.¹

Результаты и обсуждение

Правительство Республики Коми своим распоряжением от 23 декабря 2024 г. № 675-р «О внесении изменений в Стратегию в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Республики Коми», утвержденным распоряжением правительства Республики Коми от 19.08.2021 г. № 402-р, нацелило экономику региона на внедрение следующих информационных технологий: 1) искусственный интеллект; 2) большие данные; 3) промышленный Интернет; 4) дополненную виртуальную реальность; 5) нейротехнологии; 6) новые производственные технологии; 7) робототехника; 8) сенсорика; 9) беспроводная связь; 10) отечественные технологии в сфере здравоохранения.

Указанные технологии будут применены в рамках цифровой трансформации основных и дополнительных отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления для оказания качественных государственных и муниципальных услуг населению и бизнесу, формирования качественной и безопасной среды для жизни и развития, обеспечения доступности и качества образования, здравоохранения, социальной сферы, государственного управления, в т. ч. посредством создания цифрового двойника региона и системы управления регионом, основанной на данных.

Рассмотрим основные элементы цифровых технологий в организациях Республики Коми за 2010–2023 гг. В российской статистике к цифровым технологиям относятся технологии, внедренные в персональные компьютеры, серверы, Интернет, мобильный Интернет, фиксированный (проводной и беспроводной) Интернет, облачные сервисы, технологии сбора, обработки и анализа больших данных, технологии искусственного интеллекта, технологии Интернета вещей, технологии радиочастотной идентификации объектов (RFID), цифровые платформы. Наибольшее распространение получили персональные компьютеры (в 2023 г. использовали 79 % из всех обследованных организаций), Интернет (использовали 77 % обследованных

¹ Статистический ежегодник Республики Коми. 2020: Стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2019. Раздел XVI ИКТ. 1–5

организаций), фиксированный (проводной и беспроводной) Интернет (использовали 75 % обследованных организаций)¹.

В 2023 г. в организациях Республики Коми использовались 13 видов цифровых технологий, в т. ч. технологии персональных компьютеров, Интернет, технологии искусственного интеллекта, технологии Интернета вещей и др. Динамика основных цифровых технологий с 2010 г. характеризуется устойчивым ростом по всем видам цифровых технологий, кроме использования персональных компьютеров. В этой части имело место как увеличение доли организаций, использовавших персональные компьютеры в 2015 г. до 94 %, так и снижение до 79 % в 2023 г. (рис. 1).

Как показано на рисунке 1, в 2010 г. использовали персональные компьютеры 82 % обследованных организаций, в 2015 г. — 93 %, а в 2023 г. — 79 %. Динамика использования персональных компьютеров с 2010 по 2023 гг. была неравномерной и неустойчивой. Однако общий тренд был ориентирован на снижение.

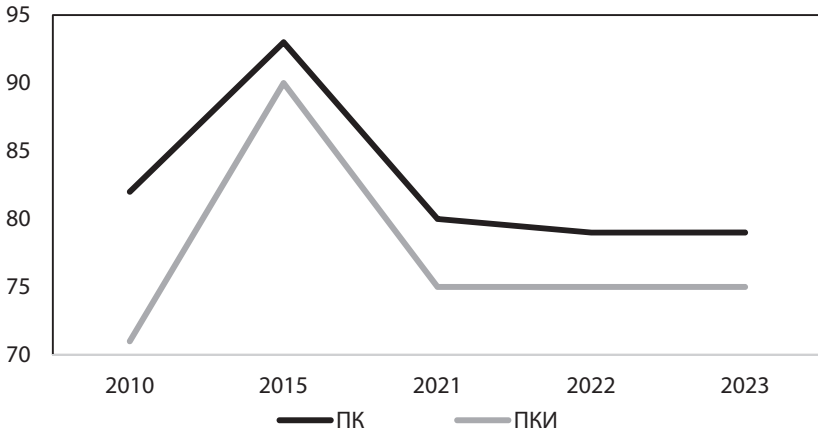
Сравнение региональных показателей использования персональных компьютеров с общероссийским показывает за 2010–2023 гг., что их динамика на обоих уровнях была примерно одинакова. Так, в России в 2010 г. использовали персональные компьютеры 93,8 % обследованных организаций, в 2021 г. — 81,8 %, в 2022 г. — 79,6 %, в 2023 г. — 78,6 %².

Рассмотрим использование технологий доступа к сети Интернет во всех обследованных организациях и организациях обрабатывающих производств (табл. 1).

Как показано в таблице 1, в 2021–2023 гг. наблюдалось небольшое увеличение доли организаций всего по всем обследованным организациям в части использования фиксированного Интернета с 73 % в 2021 г. до 75 % в 2023 г. Также наблюдалось небольшое увеличение доли организаций всего по всем обследованным организациям с 34 % в 2021 г. до 36 % в 2023 г. Однако в обрабатывающих производствах и фиксированный, и мобильный Интернет распространялся более активно. В обрабатывающих производствах доля организаций, использовавших фиксированный Интернет, возросла с 73 % в 2021 г. до 79 % в 2023 г., а доля организаций обрабатывающих производств, использовавших мобильный Интернет, возросла

¹ Источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024: стат.сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел 17 Цифровые технологии. 328.

² Российский статический ежегодник. 2024. Стат. сб. Росстат. Москва, 224. С. 461.



Условные обозначения:

ПК — использование персональных компьютеров в организациях Республики Коми за 2010–2023 гг. (в % от общего числа обследованных организаций);

ПКИ — использование Интернета в организациях Республики Коми за 2010–2023 гг. (в % от общего числа обследованных организаций)

Рис. 1. Использование персональных компьютеров в организациях Республики Коми за 2010–2023 гг. (в % от общего числа обследованных организаций) (источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024: стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел 17 Цифровые технологии. 328)

Таблица 1

Использование доступа к сети Интернет в организациях по видам экономической деятельности всего и в организациях обрабатывающих производств Республики Коми (в % от общего числа обследованных организаций соответствующего вида деятельности)

| Показатель | Фиксированный Интернет | | | Мобильный Интернет | | |
|--|------------------------|------|------|--------------------|------|------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Всего | 73 | 73 | 75 | 34 | 34 | 36 |
| Обрабатывающие производства | 73 | 72 | 79 | 37 | 42 | 57 |
| Технологии сбора, обработки и анализа больших данных | н/д | н/д | н/д | 14 | 10 | 10 |
| Технологии искусственного интеллекта | н/д | н/д | н/д | 5 | 3 | 3 |

Источник: Источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024: стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел 17 Цифровые технологии. 328.

с 37 % в 2021 г. до 57 % в 2023 г. Таким образом, имеет место тенденция укрепления и более широкого распространения цифровых технологий в сфере обрабатывающих производств, в отличие, например, от сферы технологий сбора, обработки и анализа больших данных, где доля организаций, использовавших указанные технологии, снизилась с 14 % в 2021 г. до 10 % в 2023 г.

Для сравнения, в Республике Коми наибольшая доля организаций, использующих технологии доступа к сети Интернет, наблюдалась в 2023 г. в отрасли «деятельность гостиниц и предприятий общественного питания» (69 %), наименьшей — в отрасли «сельское хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» (27 %). В отрасли «добыча полезных ископаемых», занимающей ведущее место в экономике Республики Коми, доля организаций, использующих технологии доступа к сети Интернет, составила в 2023 г. 61 % в части фиксированного Интернета и 46 % в части использования мобильного Интернета.

Наибольшее распространение Интернет получил в финансовых и страховых организациях (75 %), наименьшее — в сфере государственного управления и обеспечении военной безопасности; социальном обеспечении (18 %). В сфере деятельности профессиональной, научной и технической фиксированный Интернет использовался в 2023 г. в 66 % обследованных организаций, а мобильный Интернет — в 34 % обследованных организаций¹.

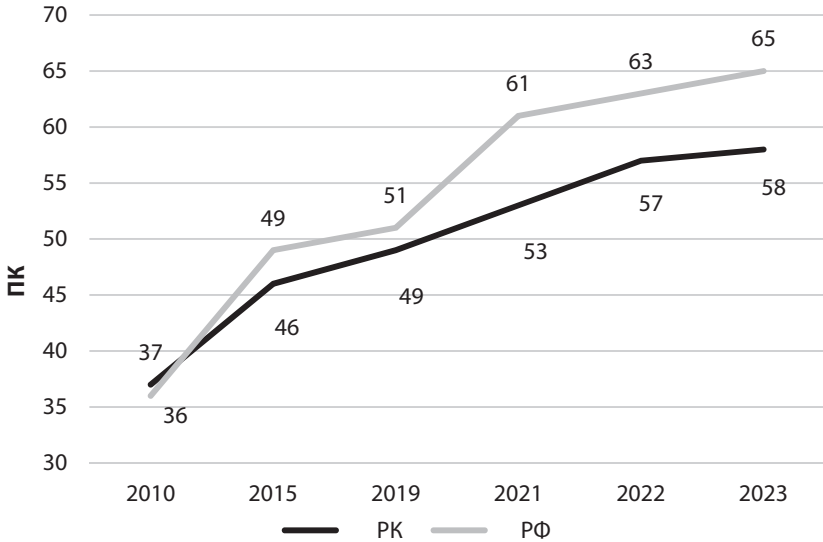
Рассмотрим использование персональных компьютеров в организациях за 2010–2023 гг. на 100 работников в Республике Коми за 2010–2023 гг. (рис. 2).

Количество персональных компьютеров в организациях Республики Коми с 2010 г. по 2023 г. возросло с 7957 ед. до 113184 ед., т. е. в 14,2 раза, а на 100 работников, как показывает рисунок 2, с 37 ед. в 2010 г. до 58 ед. в 2023 г., т. е. в 1,5 раза.

Для сравнения: в Российской Федерации в целом количество компьютеров на 100 работников в 2023 г. составило 65 ед., а по отношению к 2010 г. количество компьютеров на 100 чел. увеличилось в 1,8 раза². Начавшись с одинаковых позиций, Республика Коми всё больше отстает от России по показателю количества персональных компьютеров на 100 работников.

¹ Источник: Источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024: стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел 17 Цифровые технологии. 328.

² Российский статический ежегодник. 2024. Стат. сб. Росстат. Москва: 224. С. 461.



Условные обозначения:

РК — Республика Коми; РФ — Российская Федерация; ПК — количество персональных компьютеров на 100 работников.

Рис. 2. Количество персональных компьютеров 100 работников Республики Коми за 2020–2023 гг. (источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024: стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел 17 Цифровые технологии. 328)

Важным аспектом распространения информационных технологий является использование специальных программных средств в организациях. Оно осуществляется для финансовых расчетов в электронном виде, электронных справочных систем, для управления продажами товаров (работ, услуг), для предоставления доступа к базам данных через глобальные информационные сети, обучающих программ, управления автоматизированным производством или отдельными техническими средствами и технологическими процессами, например, CRM, ERP, SCM — системы.

Динамика количества организаций, использовавших специальные программные средства в Республике Коми за 2010–2023 гг., характеризовалась следующими данными (табл. 2).

Как показывают данные в таблице 2, в Республике Коми доля организаций, использовавших специальные программные средства в период с 2010 по 2019 гг., возрастала, в 2020 г. резко упала, и далее до 2023 гг. повышалась. В 2023 г. доля организаций, использовавших специальные программные средства, в Республике Коми со-

**Использование специальных программных средств в организациях
Республики Коми и Российской Федерации в целом за 2010–2023 гг.
(в % от общего числа обследованных организаций)**

| Регион | Организации, использовавшие специальные программные средства, в Республике Коми, по годам | | | | | | |
|------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| | 2010 | 2015 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| В Республике Коми | 76 | 86 | 87 | 64 | 67 | 69 | 72 |
| В Российской Федерации | 89,1 | 86,9 | 66,8 | 64,0 | 55,5 | 68,1 | 67,9 |

Источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024: стат. сб. Комитат. Сыктывкар, 2024. Раздел 17 Цифровые технологии. 328; Российский статистический ежегодник. 2024. Стат. сб. Росстат. Москва: 224. С. 462. Оценка авторов.

ставила 72 %. В Российской Федерации доля организаций, использовавших специальные программные средства, снижалась с 89,1 % в 2010 г. до 67,9 % в 2023 г.

Для сравнения: в России в 2010 г. использовали программные средства 89,1 % от всех организаций, а в 2023 г. — 67,9 %¹.

В Республике Коми за период 2010–2020 гг. резко увеличился объем услуг в сфере телекоммуникаций (табл. 3).

Как показывают данные таблицы 3, объем услуг в сфере телекоммуникаций Республики Коми за период 2010–2023 гг. увеличился с 8381 млн руб. до 102906 млн руб., т. е. более чем в 12,2 раз. Особенно быстро росли объемы документальной электросвязи. Наоборот, объемы местной телефонной связи снижались.

Для сравнения: в Российской Федерации объем услуг в сфере телекоммуникаций за период 2010–2023 гг. увеличился с 1355,5 млрд руб. до 2141,20 млрд руб., т. е. более чем в 1,5 раза².

На общероссийском уровне технологии искусственного интеллекта в 2023 г. использовались для маркетинга и продаж (14,3 % от общего числа обследованных организаций, использовавших технологии искусственного интеллекта), для производственного процесса (9,2 % от общего числа обследованных организаций, использовавших технологии искусственного интеллекта), для организации процессов бизнес-администрирования и управления организацией (5,6 % от общего числа обследованных организаций, использовав-

¹ Российский статистический ежегодник. 2024. Стат. сб. Росстат. Москва: 224. С. 462.

² Там же.

Таблица 3

**Объем услуг в сфере телекоммуникаций Республики Коми за
2010–2023 гг. в фактически действовавших ценах, млн руб.**

| Показатель | Данные показателя по годам | | | | | | |
|---|----------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2010 | 2015 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Объем услуг в сфере телекоммуникаций | 8381,2 | 9428,5 | 10146,9 | 10237,6 | 10432,7 | 10045,0 | 10290,6 |
| В том числе документальная электросвязь | 1145,6 | 2490,1 | 4594,9 | 4714,8 | 4513,6 | 4292,9 | 4493,1 |
| местная телефонная связь, услуги таксофонов всех типов | 1280,2 | 1164,5 | 828,4 | 728,6 | 685,1 | 647,9 | 641,1 |
| Радиосвязь, радиовещание, телевидение и спутниковая связь | 438,2 | 458,3 | 561,9 | 555,0 | 624,3 | 662,1 | 716,5 |
| Мобильная связь | 3089,8 | 3181,0 | 2201,3 | 2218,8 | 2589,0 | 2528,6 | 2613,7 |
| Присоединение и пропуск трафика | 817,6 | 769,2 | 896,6 | 959,4 | 963,2 | 911,6 | 880,7 |

Источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024. Стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел XVII Цифровые технологии. С. 3.

ших технологии искусственного интеллекта), для логистики (3,4 % от общего числа обследованных организаций, использовавших технологии искусственного интеллекта), для обеспечения безопасности (5,8 % от общего числа обследованных организаций, использовавших технологии искусственного интеллекта), для управления человеческими ресурсами и подбора персоналом (8,2 % от общего числа обследованных организаций, использовавших технологии искусственного интеллекта)¹. В Республике Коми в 2023 г. технологии искусственного интеллекта использовались только 3 % от всех обследованных организаций².

Рассмотрим динамику затрат организаций на внедрение и использование цифровых технологий в Республике Коми (табл. 4).

¹ Российский статический ежегодник. 2024. Стат. сб. Росстат. Москва: 224. С. 462.

² Статистический ежегодник Республики Коми. 2024. Стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел XVII Цифровые технологии. С. 3.

Затраты организаций на внедрение и использование цифровых технологий (млрд руб.)

| Показатель | Данные показателя по годам | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Затраты на внедрение и использование цифровых технологий, всего | 6,2 | 8,7 | 9,4 | 9,7 | 11,2 |
| в том числе внутренние затраты на внедрение и использование цифровых технологий | 4,5 | 6,3 | 7,0 | 6,8 | 7,5 |
| Доля внутренних затрат ко всем затратам на внедрение и использование цифровых технологий | 0,72 | 0,72 | 0,74 | 0,70 | 0,66 |

Источник: Источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024: стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел 17 Цифровые технологии. 328.

Как показывает таблица 4, затраты на внедрение и использование цифровых технологий возросли с 6,2 млрд руб. в 2019 г. до 11,2 млрд руб. в 2023 г., т. е. в 1,8 раза. При этом доля внутренних затрат медленно снижалась с 0,72 % в 2019 г. до 0,66 % в 2023 г. Для сравнения: доля внутренних затрат на внедрение и использование цифровых технологий в 2023 г. по Российской Федерации составила 0,34¹.

Доступ к сети Интернет в домашних хозяйствах Республики Коми показан в таблице 5.

Как показано в таблице 5, в Республике Коми в 2023 г. доступ к сети Интернет имели 83,2 % домашних хозяйств. При этом преобладающее место занимал широкополосный Интернет. В отличие от модемного подключения, широкополосный Интернет обеспечивает подключение к сети с возможностью передавать большие объёмы данных практически мгновенно.

Для сравнения: в Российской Федерации доступ к сети Интернет домашних хозяйств составил в 2021 г. 84,0 %, в 2022 г. — 86,6 % г., в 2023 г. — 87,9 % от всего количества домашних хозяйств².

Рассмотрим динамику экономического роста в Республике Коми и числа персональных компьютеров за 2015–2023 гг. (рис. 3).

Как показывают данные рисунка 2, экономика Республики Коми за 2015–2023 гг. развивалась неравномерно и с низкими темпами ро-

¹ Российский статический ежегодник. 2024. Стат. сб. Росстат. Москва: 224. С. 463.

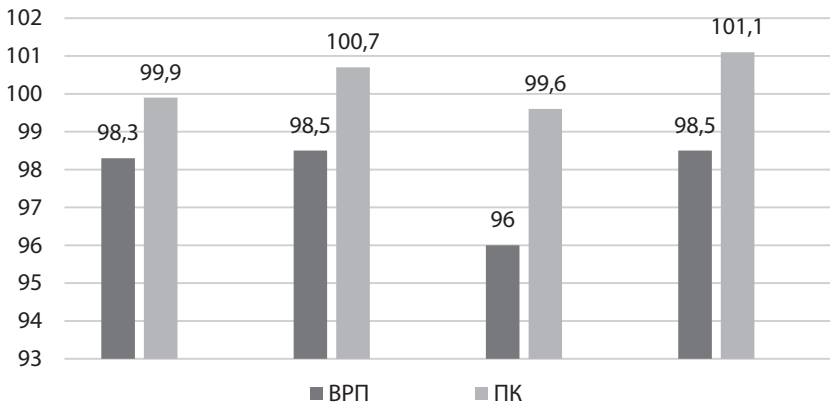
² Там же.

Таблица 5

Доступ домашних хозяйств Республики Коми к сети Интернет за 2019–2023 гг.

| Показатель | Данные показателя по годам, % | | | | |
|---|-------------------------------|------|------|------|------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Домашние хозяйства, имевшие доступ к сети Интернет, % к общему количеству | 79,0 | 79,7 | 81,1 | 80,3 | 83,2 |
| Из них широкополосный Интернет | 78,8 | 78,2 | 80,8 | 80,3 | 83,2 |

Источник: Статистический ежегодник Республики Коми. 2024: стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел 17 Цифровые технологии. 328.



Условные обозначения:

ВРП — индекс валового регионального продукта в % к предыдущему году;

ПК — индекс числа персональных компьютеров в % к предыдущему году.

Рис. 3. Индексы валового регионального продукта и числа персональных компьютеров за 2015–2023 гг. в Республике Коми (источник: рассчитано авторами на основе: Статистический ежегодник Республики Коми. 2020. Стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2020. Раздел X. Система национальных счетов. С. 1; Раздел XII промышленное производство. С. 1; Раздел XIV Сельское и лесное хозяйство. С. 1; Статистический ежегодник Республики Коми. 2024. Стат. сб. Комистат. Сыктывкар, 2024. Раздел X. Система национальных счетов. С. 1; Раздел XII промышленное производство. С. 1; Раздел XIV Сельское и лесное хозяйство. С. 1; Раздел XVII Цифровые технологии. С. 3)

ста. Более быструю динамику показывало число персональных компьютеров. Заметим, что информационные технологии существенно влияют на отрасли связи, государственного и муниципального управления, городское хозяйство. Однако положительная динамика

ка этих отраслей не в состоянии сгладить колебания материального производства в регионе. На подавляющее число отраслей и технологических процессов информационные технологии не оказывают существенного влияния. Ситуация меняется в пользу большего влияния информационных технологий на динамику валового регионального продукта. Корреляция между индексами роста валового регионального продукта и числом компьютеров в организациях за 2015–2019 гг. составила 0,446, а за период 2019–2022 гг. — 0,982 (Найденев, Найденева, 2021).

Лучше, чем число компьютеров, взаимодействие цифровых технологий и экономического роста отражает показатель динамики числа роботов на 10000 работников. Однако, данные по роботизации региона и страны в статических сборниках отсутствуют. По данным Минпромторга РФ, на март 2025 г. плотность роботизации в России составляет 19 роботов на 10 тыс. сотрудников при среднемировом показателе в 162 шт. К 2030 г. этот показатель планируется увеличить до 194 роботов на 10 тыс. сотрудников. Россия ставит цель войти в топ-25 стран по плотности роботизации к 2030 г.¹ В 2025 г. лидерами промышленной роботизации являются Китай, Япония, США, Южная Корея и Германия. Южная Корея занимает лидирующее положение в мире: по состоянию на 2024 г. на 10000 сотрудников приходится 1012 роботов². Россия планирует нарастить парк промышленных роботов с 12,8 тыс. до 125 тыс. ед., обеспечив среднегодовой рост на 38 % до 2030 г. Преимущественно роботы будут задействованы в автомобильной, металлообрабатывающей и пищевых отраслях³.

Заключение

В статье дана оценка влияния изменений способов передачи и хранения информации, основанных на использовании электрических машин и механизмов, на экономический рост по материалам Республики Коми за период с 2015 по 2019 гг. Показано, что в регионе информационные технологии ускоряют рост отраслей связи и городского хозяйства, повышают качество государственного

¹ О национальных целях развития на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309.

² Гончар, О. (2024). Инфографика. В каких странах больше всего роботов. Naked Science [Электронный ресурс]. <https://naked-science.ru/community/1009628> (дата обращения: 12.11.2025).

³ Трифонова, П. (2025). Молодой рабочий класс. Почему пока Россия отстает в роботизации промышленности? Коммерсантъ [Электронный ресурс]. <https://www.kommersant.ru/doc/7772882> (дата обращения: 12.11.2025).

и муниципального управления, На подавляющие число отраслей и технологических процессов информационные технологии не оказывают существенного влияния.

Целесообразно акцентировать внимание бизнеса и государственного управления на использование преимуществ применения информационно-коммуникативных технологий в решении вопросов повышения производительности труда и ускорения экономического роста в материальном производстве (промышленности, сельском хозяйстве транспорте, строительстве).

Список источников

Маркс, К. (1959). К критике политической экономии. В: К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. 2-е изд. Т. 13. Москва: Госполитиздат, 771.

Найденов, Н. Д., Найденова, Т. А. (2021). Информатизация экономики и экономический рост в регионе (по материалам Республики Коми). В *Политические, экономические и социокультурные аспекты регионального управления на Европейском Севере: Материалы XIV Всероссийской научной конференции (с международным участием)* (22–23 апреля 2021 г. (с. 256–260). Сыктывкар: ГО ВО КРАГСиУ, 337.

Стиглер, Дж. Дж. (2012). Экономика информации. *Экономика образования*, 2, 54–62.

Тьюринг, А. (1960). *Может ли машина мыслить?* Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 113.

Fuegi, J. & Francis, J. (2003). Lovelace & Babbage and the creation of the 1843 'notes'. *Annals of the History of Computing*, 25(4), 16–26. DOI:10.1109/MAHC.2003.1253887

Lévi-Strauss, C. (1952). *Race et histoire*. UNESCO, 54.

Mc Luhen, M. (1962). *The Gutenberg Galaxy: The Making of Typographic Man*. Toronto, University of Toronto Press, 293.

Toffler, A. (1980). *The Third Wave: The Classic Study of Tomorrow*. New York, Williams Morrow and Company, 544.

References

Fuegi, J. & Francis, J. (2003). Lovelace & Babbage and the creation of the 1843 'notes'. *Annals of the History of Computing*, 25(4). DOI: 10.1109/MAHC.2003.1253887

Lévi-Strauss, C. (1952). *Race et histoire*. UNESCO, 54.

Marx, K. (1959). *Toward a Critique of Political Economy*. In: *K. Marx and F. Engels. Works. 2nd ed.* Vol. 13. Moscow: Gospolitizdat, 771. (In Russ.)

Mc Luhen, M. (1962). *The Gutenberg Galaxy: The Making of Typographic Man*. Toronto, University of Toronto Press, 293.

Naidenov, N. D., Naidenova, T. A. (2021). Informatization of the economy and economic growth in the region (based on materials from the Komi Republic). In: *Political, economic, and sociocultural aspects of regional governance in the European*

North: Proceedings of the XIV All-Russian scientific conference (with international participation) (April 22–23, 2021) (p. 256–260). Syktyvkar: GO VO KRAGSiU, 337. (In Russ.)

Stigler, J. J. (2012). The Economy of Information. *The Economy of Education*, 2, 54–62. (In Russ.)

Toffler, A. (1980). *The Third Wave: The Classic Study of Tomorrow*. New York, Williams Morrow and Company, 544.

Turing, A. (1960). *Can a machine think?* Moscow: State Publishing House of Physical and Mathematical Literature, 113. (In Russ.)

Сведения об авторах

Найденов Николай Дмитриевич — доктор экономических наук, профессор, Институт повышения квалификации и переподготовки работников АПК Республики Коми; <https://orcid.org/0000-0002-5159-6014> (Российская Федерация, г. Сыктывкар, 167003, Ручейная, д. 31; e-mail: ND.Naidenov@mail.ru).

Новокшорова Елена Николаевна — кандидат экономических наук, доцент, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина; <https://orcid.org/0000-0002-8030-6960> (Российская Федерация, г. Сыктывкар, 167003, Октябрьский проспект, д. 55; e-mail: einai@mail.ru).

Nikolay D. Naidenov — Doctor of Economics, Professor, Professor at the Institute for Advanced Training and Retraining of Agricultural Workers; <https://orcid.org/0000-002-5159-6014> (Komi Republic, Syktyvkar, Russian Federation, Rucheynaya 31, 167003; e-mail: ND.Naidenov@mail.ru).

Elena N. Novokshonova — Candidate of Economics, Associate Professor, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University; <https://orcid.org/0000-0002-8030-6960> (Russian Federation, Syktyvkar, Oktyabrsky Prospekt 55, 167003; e-mail: einai@mail.ru).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 338.28

JEL classification: R12, P25, O25

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-18>

Цифровые платформы как фактор повышения экономической связности пространства¹

А. О. Пономарева

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0003-0525-7115>

Автор для корреспонденции: А.О. Пономарева (ponomareva.ao@uiec.ru).

Аннотация. В экономическом развитии современные технологии цифровизации сыграли значительную роль, позволив получить выгоды во всех сферах экономической жизни общества. Для материальной сферы производства особое значение имеют цифровые платформы, поскольку могут способствовать сокращению барьеров пространства, в связи с чем их успешное функционирование может стать фактором повышения экономической связности территорий. В статье рассмотрены понятие и роль цифровых платформ в обеспечении экономической связности территорий. Рассмотрены новые направления пространственного развития с позиции сетевого взаимодействия агентов. Установлено, что в сетевой экономике существенно возрастает роль личных связей, определяющих доверие участников друг к другу. Обеспечить повышение уровня доверия и безопасности при взаимодействии агентов на цифровых платформах призван новый закон «О платформенной экономике». Закон должен определить основные новые понятия, возникающие в платформенной экономике, установить ответственность сторон, обеспечить прозрачность процессов и защитить права пользователей. Увеличение экономической связности территорий сегодня является первостепенной задачей не только пространственной, но и промышленной политики. Разработка механизмов повышения связности регионов России не может реализовываться без использования инструментов цифровых платформ, которые обеспечивают сегодня сетевые эффекты.

Ключевые слова: цифровые платформы, пространство, экономическая связность, локализация

¹ © Пономарева А. О. Текст. 2026.

Digital Platforms as a Factor in Increasing Economic Connectivity of Spatial Economy

A. O. Ponomareva

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0003-0525-7115>

Corresponding author: A. O. Ponomareva (ponomareva.ao@uiec.ru).

Abstract. *Modern digital technologies have played a significant role in economic development, enabling benefits across all spheres of society's economic life. Digital platforms are particularly important for the material sphere of production, as they can help reduce spatial barriers. Therefore, their successful operation can contribute to increasing the economic connectivity of territories. This article examines the concept and role of digital platforms in ensuring the economic connectivity of territories. New areas of spatial development are considered from the perspective of network interactions between agents. It is established that in a network economy, the role of personal connections, which determine the trust of participants, increases significantly. The new law «On the Platform Economy» aims to ensure increased trust and security in the interactions of agents on digital platforms. The law defines the key new concepts emerging in the platform economy, establishes the responsibilities of parties, ensures transparency of processes, and protects user rights. Improving the economic connectivity of territories is currently a primary objective of not only spatial but also industrial policy. The development of mechanisms for increasing the connectivity of Russian regions cannot be realized without the use of digital platform tools, which today provide network effects.*

Keywords: digital platforms, space, economic connectivity, localization

Введение

В условиях новой геополитической реальности одной из приоритетных задач для промышленности становится удовлетворение внутренних потребностей страны и повышение стратегической суверенизации. В условиях усложняющихся международных торговых отношений для промышленности возрастает важность формирования внутренних локальных цепочек добавленной стоимости, усложнение и рост которых всё больше рассматриваются как потенциальный источник роста экономики и инструмент выравнивания межрегиональной дифференциации социально-экономического развития.

Важнейшим условием для построения новых территориальных производственных связей в промышленном комплексе, как на региональном и муниципальном уровнях, является экономическая связность территорий. В настоящих условиях геополитической нестабильности во внешней торговле актуальным становится поиск

новых моделей взаимодействия. В период становления новой экономики суверенного типа необходим поиск новых факторов экономического развития. И одним из таких потенциальных факторов является пространство нашей страны, однако этот фактор будет является ресурсом, а не проблемой для страны, если организована и развита инфраструктура.

Для сокращения барьеров пространства современные технологии цифровизации сыграли значительную роль в экономическом развитии, позволив получить выгоды во всех сферах экономической жизни общества, а особое значение для материальной сферы производства играют цифровые платформы, поскольку их успешное функционирование может стать фактором повышения экономической связности территорий.

Литературный обзор

Одной из новейших концепций пространственного развития является теория сетевых взаимодействий. Локализованные экономические сети выделяются современными рационалистами как наиболее перспективная форма организации экономического пространства. Возникновение сетей напрямую сопряжено с наличием значительного количества «ядер», «точек развития» (Бондарева, 2023). Такими «ядрами» в современной экономико-технологической реальности являются наиболее развитые территории с развитым инновационным потенциалом и инвестиционно привлекательные. Взаимодействие таких «точек развития» с периферийными регионами в различного рода кооперационных взаимодействиях может способствовать снижению региональной дифференциации, технологической и ресурсной зависимости отраслей российской экономики от условий внешней среды. В связи с этим поиск теоретических и практических оснований для формирования сети новых взаимодействий в реальном секторе экономики является актуальной задачей для исследований.

Современные технологии трансформируют формы кооперационных взаимодействий, совмещая реальные и виртуальные. Сегодня Интернет представляет собой виртуальное пространство, где формирующиеся в нем связи имеют, прежде всего, экономические основания, поскольку создаются на основе интересов участников различных хозяйственных отношений. Одним из весомых факторов цифровой трансформации экономики, обеспечивающих сетевые эффекты, является новая модель взаимодействия бизнеса на базе цифровых платформ.

Цифровые платформы имеют большое значение для организации различного рода экономических взаимодействий. Для обеспечения экономической связности пространства представляется целесообразным рассмотреть цифровые платформы, обеспечивающие кооперационные взаимодействия субъектов, т. е. платформы — коммерческие площадки (Зубарев, Филиппова, 2023). Цифровая производственная платформа — это программная структура, которая позволяет интегрировать данные, процессы и ресурсы во всем производственном процессе. Она обеспечивает комплексное представление всего производственного процесса, от проектирования до производства, и позволяет оптимизировать ресурсы, процессы и данные (Барыбина, 2024). Цифровая производственная платформа позволяет производителям быстро и точно выявлять и решать проблемы, сокращать затраты и повышать эффективность. Доля цифровых платформ в общем объеме розничной торговли составляет сегодня 15 %. В 2024 г. через цифровые платформы было сделано 6 млрд заказов (Соколовская, Симаченко, 2025). Такое масштабное распространение взаимодействий в онлайн-пространстве потребовало усиления контроля в этой сфере и разработки нового закона «О платформенной экономике»¹. Настоящий Федеральный закон определяет правовые основы платформенной экономики в Российской Федерации и регулирует отношения, возникающие между операторами посреднических цифровых платформ, их партнерами, пользователями и иными лицами в связи с продажей товаров, выполнением работ, оказанием услуг.

Необходимо отметить, что в основе функционирования Интернет-пространства лежат экономические интересы агентов. Система виртуального пространства всемирной паутиной сети (WWW) включает в себя совокупность автономных локальных систем. Автономная система представляет собой независимую локальную или региональную сеть одного или нескольких операторов связи, соединенную между собой стационарными устройствами пользователей.

Площадки электронной коммерции являются одним из распространенных видов цифровых платформ, позволяющих свести заинтересованных производителей и потребителей. Одним из важнейших эффектов, получаемых от работы экономических агентов

¹ Федеральный закон от 31.07.2025 г. № 289-ФЗ «Об отдельных вопросах регулирования платформенной экономики в Российской Федерации». Сайт Администрации Президента России. [Электронный ресурс]. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/52331> (дата обращения: 27.11.25).

в рамках цифровых платформ, является экономия на транзакционных издержках компаний, а также получение такой нематериальной выгоды, как информация.

Важнейшим эффектом распространения цифровых платформ для пространственного развития является то, что кластеры могут образовываться как в реальном физическом пространстве, так и в виртуальном. Распространение так называемой платформенной и цифровой экономики создает новые модели взаимодействия экономических агентов, которые приводят как к положительным экономическим эффектам, так и к рискам. Феномен цифровых платформ широко исследуется учеными разных видов общественных наук, как в России, так и за рубежом. В зарубежных и российских источниках авторы выделяют роль цифровых платформ, прежде всего, в трансформации рынка труда, а также повышении экономической связности территории (Кузовкова и др., 2022). Цифровая платформа с этой позиции является средством передачи данных и структурной основой формирования взаимодействий.

В.А. Бурцев, рассматривая механизм цифровых платформ в региональных экономических системах, выделяет пользовательский опыт англ. User Experience (далее — UX) как условие устойчивого взаимодействия агентов (Бурцев, 2025). UX выступает в роли структурного центра региональной цифровой платформы, который обеспечивает устойчивое участие, институционализацию поведения и пространственную трансформацию участников региональной экономики, начинает функционировать как механизм отбора, влияющий на то, кто включён в цифровую активность и в каком объёме (Бурцев, 2025).

Результаты

Цифровые платформы как источник повышения экономической связности пространства позволяют увеличивать интенсивность экономического взаимодействия и согласовывать интересы субъектов рынка. Цифровые платформы играют ключевую роль в улучшении экономической связности пространства, особенно в условиях глобализации и цифровой трансформации. Их влияние в контексте пространственного развития территорий можно рассматривать с нескольких аспектов.

1. Объединение участников рынка:

- платформы связывают производителей, потребителей, поставщиков услуг и других участников, создавая единую экосистему;
- примеры: электронные торговые площадки, платформы для фрилансеров, логистические сервисы.

2. Усиление логистической инфраструктуры:
 - обеспечивают эффективное управление цепочками поставок и автоматизацию процессов;
 - это способствует сокращению сроков и затрат на транспортировку и обработку грузов.
3. Повышение доступности информации:
 - предоставляют актуальные данные о ценах, наличии товаров и услуг, конкурентах, что способствует более обоснованным решениям;
 - открывая доступ к информации, снижают информационные барьеры между регионами.
4. Развитие электронных услуг и инфраструктуры:
 - удобство онлайн-торговли, финансовых операций, обучения и других сфер, повышают активность и взаимодействие между регионами;
 - способствуют развитию малых и средних предприятий за пределами крупных городов.
5. Поддержка инноваций и новых бизнес-моделей:
 - стимулируют появление новых форм предпринимательства, сотрудничества и совместных инициатив между регионами.

Цифровые платформы усиливают интеграцию и взаимодействие между регионами, способствуют равномерному развитию экономики и сокращению территориальных различий. Особое значение для обеспечения экономической связности имеет инфраструктура, возможность транспортной связности. Их развитие является важным фактором повышения экономической связности пространства в современную эпоху.

Участниками цифровых платформенных решений на транспорте выступают различные организации — перевозчики грузов автомобильным, железнодорожным, морским видами транспорта, операторы подвижного состава, организации, оказывающие экспедиторские услуги, осуществляющие транспортную обработку грузов, обслуживание в портовых терминалах. Рассмотрим сущности цифровых платформенных решений, которые позволили сформировать типологию цифровых платформ взаимодействия участников перевозок и определить генерируемые ими экономические эффекты (табл.).

Исследование внедряемых в транспортной отрасли цифровых платформ интеграции участников грузовых смешанных перевозок позволило нам определить наиболее востребованные ими цифровые платформенные инструменты и сервисы: комбинирование (генерация компонентов) услуги смешанной грузовой перевозки, рас-

Таблица

Характеристики типов цифровых платформ и генерируемых ими эффектов

| Платформа | Функционал | Эффект (преимущества, результат) |
|-----------------------------------|---|--|
| Прикладная транспортная платформа | Осуществление транзакций (заказ перевозки, планирование поставки, оплата) участниками процесса перевозки | Уменьшение транзакционных затрат (для грузовладельцев); уменьшение расходов за счет возможности выбора на платформе оптимального ценностного предложения (для перевозчиков и операторов). Пример: Электронная торговая площадка «Грузовые перевозки» |
| Цифровой маркетплейс (агрегатор) | Поиск покупателями варианта заказа прямой или смешанной (мультимодальной) перевозки, оптимального по цене с учетом настраиваемых параметров | Получение комиссионных доходов от оказания основных и дополнительных услуг (для владельца платформы); сокращение расходов на перевозку за счет резервов их снижения на площадке маркетплейса (уменьшение транспортной составляющей в конечной цене товаров); экономия. Пример: контейнерная платформа Containers.Guide, платформа-агрегатор грузоперевозок Traffic (traffic.online), РЖД-Маркет |

Источник: сост. автором по (Гулый, 2025).

чет затрат на ее предоставление по различным участкам и этапам, видам транспорта, калькулирование совокупной стоимости и расчет тарифа, а также электронное сопровождение организации предоставления услуги. На цифровой платформе для каждого участника грузовых перевозок предоставляется доступ к индивидуальному электронному пространству (личный кабинет), в котором поставщики и клиенты-грузовладельцы получают возможность размещать и просматривать условия выполнения заказа, его временные и стоимостные характеристики, географию перевозок.

На цифровых платформах взаимодействия участников грузовых смешанных перевозок осуществляется онлайн-агрегирование предложений перевозчиков и логистических посредников, происходит формирование всей цепочки поставки в соответствии с направляемым заказом клиенту, конструируются и предлагаются для грузовладельцев различные варианты ее реализации, включая параметры географии маршрутов, стоимости перевозки, времени поставки и другие. Примером таких платформ может служить такая платформа, как ATI.SU, которая является крупнейшей экосистемой сервисов

| | | |
|---|---|--|
| АТИ доки <ul style="list-style-type: none">•Сервис электронного документооборота•Создание и обмен юридически значимыми документами для грузоперевозок | Реальный перевозчик <ul style="list-style-type: none">•Отметка перевозчиков с собственным транспортом среди остальных участников | Безлимитная проверка контрагентов <ul style="list-style-type: none">•Подробный отчет и карта связей российских юрлиц и ИП |
| Страхование <ul style="list-style-type: none">•Страхование грузов и ответственности | GPS-Мониторинг <ul style="list-style-type: none">•Отслеживать транспорт и статус перевозки на карте бесплатно | Светофор+ <ul style="list-style-type: none">•Автоматическая проверка контрагентов и участников АТИ.SU |
| Площадки <ul style="list-style-type: none">•Облачный сервис для автоматизации работы с наемным транспортом и заказчиками | Проверки <ul style="list-style-type: none">•Подборка проверок для перевозок•Проверка ТС, водителей, фирм | Расчет расстояний <ul style="list-style-type: none">•Планирование маршрутов для грузового транспорта |
| Заказы <ul style="list-style-type: none">•Возможность быстрого поиска заказов и экономия транзакционных издержек | | |

Рис. Обзор сервисов цифровой платформы АТИ.SU (источник: сост. автором на основе данных платформы АТИ.SU)

для транспортной логистики в России и СНГ и помогает транспортным компаниям и грузоотправителям находить друга, заключать взаимовыгодные контракты и экономить за счёт автоматизации процессов. С помощью АТИ.SU обе стороны организации логистических потоков могут получить следующие услуги и сервисы (рис.).

Обсуждение

В России принят закон о платформенной экономике (ФЗ № 289 от 31.07.2025), который вступит в силу 1 октября 2026 г. Он устанавливает единые правила для цифровых платформ (маркетплейсов, агрегаторов такси, служб доставки и т. д.), определяет правовой статус платформ, регулирует отношения между платформами, исполнителями и клиентами, а также повышает ответственность операторов и защищает права пользователей.

Основные положения закона:

- определение платформ: закон вводит понятия «платформенная экономика» и «посреднические цифровые платформы» (ПЦП);
- государственный реестр: будет создан государственный реестр посреднических цифровых платформ;
- ответственность платформ: операторы платформ будут нести ответственность перед клиентами, а закон разграничит эту ответственность с ответственностью продавцов и исполнителей;
- прозрачность: платформы обязаны публиковать условия сотрудничества и предупреждать об изменениях за 45 дней;
- условия для продавцов и исполнителей: будут установлены обязательные условия договоров, включая порядок изменения цен и скидок, а также правила ранжирования в поисковой выдаче и рейтингах;
- защита прав пользователей: закон закрепит техническую возможность для потребителей возвращать товар или деньги и предъявлять претензии через платформу, а также возможность для правообладателей обращаться к оператору с требованием удалить карточки товаров, нарушающие их права;
- верификация данных: платформы будут сверять данные контрагентов через Госуслуги и официальные реестры, а карточки товаров будут проверяться на наличие маркировки и сертификации.

Таким образом, современная промышленная политика для осуществления прогрессивной структурной промышленной политики должна учитывать принципы платформизации и сегизации. В сетевой экономике центральным звеном становится информация, которая, в соответствии с формулировкой ЮНЕСКО, состоит из трех сегментов: деловая информация, информационные услуги и средства обработки информации. Трансформация традиционных структур экономики является результатом того, что именно информация становится решающим фактором ломки традиционных структур. Отличительной особенностью современного рынка является диффузия сетевых структур в экономическом пространстве. В этом процессе происходят изменения в сфере промышленного производства, управления, меняются взаимоотношения между экономическими агентами, а также поведение потребителей. Адаптивность и гибкость сетевой структуры обусловлены тесной координацией экономических агентов при отсутствии жестких связей между ними (Рябцун, 2008). Сетевой принцип — принцип самостоятельных многочисленных центров, соединенных различными узлами.

В сетевой экономике существенно возрастает роль личных связей, определяющих доверие участников друг к другу.

В такой экономике формируется и развивается технологическая среда, в которой хозяйствующие субъекты взаимодействуют между собой. Особое значение имеет тот факт, что в рамках технологической среды возрастает роль инновационной инфраструктуры, облегчающей сетевое взаимодействие участников инновационного процесса, то есть государства, бизнеса, науки. С этой точки зрения представляется правомерной трактовка термина «инновационная сеть» в рамках понятия «сетевой экономики». В свою очередь одним из направлений развития инновационных сетей, включающих в себя бизнес, исследовательские организации, университеты и правительство являются интеллектуальные сети (Акбердина, 2024).

Чем обширнее в системе сформирована система внутренних связей, тем быстрее она будет трансформироваться при воздействии инструментов промышленной политики. Представляется, что сегодня в промышленности России сложилась ситуация, когда значительная часть связей ориентирована на внешние рынки, в связи с чем действие инструментов носит ограниченный характер. Инструменты должны быть направлены на создание связей и кооперацию. Поддержка формирования локальной цепочки добавленной стоимости может стать новым объектом промышленной политики.

Эффективность распространения инноваций будет зависеть от качества связей. Важно, что данный принцип может работать в обе стороны, т. е. обширная сеть связей, обладающих должным уровнем доверия, будет способствовать распространению и более эффективному внедрению технологий. В то же время при слабой сети кооперационных связей любая инновация может столкнуться с пробуксовкой. Скорость структурной трансформации промышленности пропорциональна количеству и качеству связей в системе. Данные параметры связи участников промышленной системы можно оценить с позиции производственной и научной кооперации, информатизации и качества инфраструктуры.

Заключение

Для более активного положительного влияния «полюсов роста» на окружающую территорию необходимо повышение связности территорий и формирование сети горизонтальных и вертикальных связей, которое может быть обеспечено стимулированием создания локальных цепочек добавленной стоимости, развитием транспортной инфраструктуры и др. Для развития межрегионального взаи-

действия в реальном секторе экономики необходима разработка единой экономической политики макрорегионов, учитывающей сравнительные конкурентные преимущества территорий. Таким образом, в данном направлении совершенствования механизма промышленной политики ставится цель выявления потенциальных возможностей для увеличения связности территорий в области промышленности.

Создание системы адаптивной реконфигурации производственно-логистических контуров (ПЛК) промышленности на основе: анализа текущих узких мест в поставках, оценки индустриального потенциала на замещение / локализацию, проставления экономической целесообразности трансформации контуров, программируемой поддержки локальных кооперационных решений. В основе механизма реализации данной системы может быть развитие цифровых платформ. Однако для разработки политики в данной сфере необходимо учитывать, что высокотехнологичная отрасль ИТ требует особых механизмов государственной поддержки, поскольку предполагает значительные инвестиции, а ее продукция имеет свойство устаревать с колоссальной скоростью. В условиях структурного кризиса адаптации российской промышленности к новым условиям государству отводится активная роль эффективного предпринимателя, но в то же время необходимо сохранить обязательства гаранта социальной стабильности общества.

Благодарность

Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием для Лаборатории моделирования пространственного развития территорий ФГБУН Институт экономики УрО РАН на 2024–2026 гг.

Acknowledgments

This article was prepared in accordance with the state assignment for the Laboratory for Modeling Spatial Development of Territories of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for 2024–2026.

Список литературы

Акбердина, В. В. и др. (2024). *Промышленные платформы и экосистемы*. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 364. ISBN 978-5-94646-697-4

Барыбина, А. З. (2024). Комплексная типология цифровых промышленных платформ на мировом рынке. В *Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии* (с. 25–44). Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН. DOI 10.17059/dti-2024-2. EDN SBKPPW.

Бондарева, Я. Ю. (2023). Гносеология пространственно-сетевых подходов к организации, функционированию и развитию региональных социально-экономических систем. *Вестник Адыгейского государственного университета, серия «Экономика»*, 4(330), 24–30. DOI: 10.53598/2410-3683-2023-4-330-24-30

Бурцев, В. А. (2025). Цифровые платформы как драйвер региональной экономической трансформации: их подход в логике кластерного развития. *Научный журнал «Управленческий учет»*, 4, 54–62.

Гулый, И. М., Оганнисян, А. Э. (2024). Экономические преимущества и эффекты цифрового сервиса организации услуг мультимодальных грузовых перевозок «Мультилог». *Экономические науки*, 235, 11–15.

Зубарев, А. Е., Филиппова, К. В. (2023). Цифровые платформы как технологический тренд управления инновационной экономикой. *Вестник Тихоокеанского государственного университета*, (4(71)), 91–96.

Кузовкова, Т. А., Кузовков, А. Д., Шаравов, И. М. (2022). Понятие ценности цифровых платформ и методы оценки синергии их эффективности. *Век качества*, 3, 73–96.

Рябцун, В. В. (2008). Обоснование инновационных механизмов управления сетевой экономикой в России. *Научный вестник Уральского академии государственной службы*, 2, 20.

Соколовская, Е., Симаченко, А. (2025). По каким правилам будут работать цифровые платформы. *Конкуренция и право*, 4. <https://cljournal.ru/vybor/281/> (дата обращения: 27.11.25).

References

Akberdina, V. V. et al. (2024). *Industrial Platforms and Ecosystems*. Yekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 364. ISBN 978-5-94646-697-4 (In Russ.)

Barybina, A. Z. (2024). A Comprehensive Typology of Digital Industrial Platforms in the Global Market. In *Digital Transformation of Industry: Trends, Management, and Strategies* (pp. 25–44). Yekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. DOI 10.17059/dti-2024-2

Bondareva, Ya. Yu. (2023). Epistemology of the Spatial-Network Approach to the Organization, Functioning, and Development of Regional Socioeconomic Systems. *Bulletin of Adyghe State University, Economics Series*, 4(330), 24–30. DOI: 10.53598/2410-3683-2023-4-330-24-30 (In Russ.)

Burtsev, V. A. (2025). Digital Platforms as a Driver of Regional Economic Transformations: A UX Approach in the Logic of Cluster Development. *Management Accounting*, 4, 54–62. (In Russ.)

Guly, I. M. & Oganisyan, A. E. (2024). Economic Benefits and Effects of the Digital Service for Organizing Multimodal Freight Transportation Services «Multilog». *Economic Sciences*, 235, 11–15. (In Russ.)

Kuzovkova, T. A., Kuzovkov, A. D. & Sharavov, I. M. (2022). The Concept of Digital Platform Value and Methods for Assessing the Synergy of Their Effectiveness. *The Century of Quality*, 3, 73–96. (In Russ.)

Ryabtsun, V. V. (2008). Justification of Innovative Mechanisms for Managing the Network Economy in Russia. *Scientific Bulletin of the Ural Academy of Public Administration*, 2, 20. (In Russ.)

Sokolovskaya, E. & Simachenko, A. (2025). What Rules Will Digital Platforms Operate? Competition and Law, 4. <https://cljournal.ru/vybor/281/> (accessed: 27.11.25). (In Russ.)

Zubarev, A. E. & Filippova, K. V. (2023). Digital Platforms as a Technological Trend in Managing the Innovative Economy. *Bulletin of the Pacific National University*, (4(71)), 91–96. (In Russ.)

Сведения об авторе

Пономарева Алена Олеговна — младший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0003-0525-7115> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: ponomareva.ao@uiec.ru).

Alena O. Ponomareva — Junior Research Fellow, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0000-0003-0525-7115> (Russian Federation, 620014, Yekaterinburg, Moskovskaya St., 29, e-mail: ponomareva.ao@uiec.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 338.2:669.1

JEL classification: L60, L61

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-19>

Цифровизация металлургического производства России: достижения и проблемы¹

О. А. Романова ^а, Д. В. Сиротин ^б

^{а, б} Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

^а <http://orcid.org/0000-0002-6459-881X>

^б <http://orcid.org/0000-0002-3794-3956>

Автор для корреспонденции: Д. В. Сиротин (sirotin.dv@uiec.ru).

Аннотация. В нынешних крайне неблагоприятных санкционных условиях функционирования металлургическая отрасль в большинстве своём находит возможности для реализации порой весьма амбициозных планов цифровых нововведений, всё глубже проникающих в структуру производственной деятельности компаний, преобразуя и вспомогательные службы, и основные процессы. На этом фоне первоочередной задачей выступает четкое выявление достигнутых результатов, очерчивающих грани накопленного потенциала, для оценки возможностей решения стоящих перед отраслью задач. Гипотеза исследования заключается в том, что чёрная металлургия РФ в условиях санкций и снижения прибыли остаётся в состоянии противостоять современным вызовам. В работе проанализированы достижения отечественной чёрной металлургии за последние годы, выделены успехи в сфере цифровизации и отмечена роль в этом процессе технологий искусственного интеллекта. Установлена активная позиция металлургических предприятий РФ в поддержании позиции Организации Объединённых Наций относительно достижения условий устойчивого развития в мире. Подчёркнуты проблемы дальнейшей цифровой трансформации чёрной металлургии России.

Ключевые слова: металлургия, устойчивое развитие, цифровизация, ESG, искусственный интеллект

¹ © Романова О. А., Сиротин Д. В. Текст. 2026.

Digitalization of Russian metallurgical production: achievements and challenges

O. A. Romanova ^a, D. V. Sirotin ^b

^{a, b} Institute of Economics of the Ural Branch of RAS (Ekaterinburg, Russia).

^a <http://orcid.org/0000-0002-6459-881X>

^b <http://orcid.org/0000-0002-3794-3956>

Corresponding author: D. V. Sirotin (sirotin.dv@uiec.ru).

Abstract. *Unfavorable sanctions conditions have a negative impact on Russian metallurgy. At the same time, metallurgy continues to implement ambitious plans for digital innovations. These innovations are penetrating deeper into the structure of companies' production activities, transforming both support services and core processes. The purpose of the work is to clearly identify the results achieved in order to assess the possibilities of solving the problems of industry development. The hypothesis of the study is that the Russian ferrous metallurgy remains able to withstand modern challenges in the face of sanctions and declining profits. The achievements of the domestic ferrous metallurgy in recent years are analyzed, successes in the field of digitalization are highlighted, and the role of artificial intelligence technologies in this process is noted. The active position of Russian metallurgical enterprises in supporting the position of the United Nations regarding the achievement of conditions for sustainable development in the world has been established. The problems of further digital transformation of the Russian ferrous metallurgy are highlighted.*

Keywords: metallurgy, sustainable development, digitalization, ESG, artificial intelligence

Введение

Бурное развитие цифровой экономики, т. е. экономической системы, в которой добавленная стоимость формируется в значительной степени за счёт использования информационных технологий, предопределило значимость исследований в этой области не только применительно к экономике в целом, но и к её важнейшим секторам, прежде всего, промышленности. Периодом наиболее активного развития цифровых технологий являются 2015–2020 гг., но акцент на разработку критически важных и зарождающихся технологий (КВЗТ) отмечается лишь с третьего десятилетия XXI в. Главенствующее место при этом занимают цифровые технологии, особенностью которых является высокий уровень непредсказуемости получаемого результата на ранних стадиях внедрения (Панкова, Гусарова, 2022). По мнению ряда экспертов, успешное развитие и использование зарождающихся технологий определяется такими факторами, как современная цифровая инфраструктура и совершенствова-

ние технологий микроэлектроники и полупроводников (Панкова, Гусарова, 2022)¹. Существуют различные виды классификации КВЗТ, в т. ч. технологий, предназначенных для использования в оборонном промышленном комплексе, где особое внимание обращается на «эффекторные технологии», основанные на синергии технологий и способные ускорять формирование новых качественных эффектов. Однако для настоящего исследования представляют интерес «обновлённые традиционные» технологии, особенностью которых является их обогащение за счёт использования цифровых технологий. Именно применение таких технологий переводит уровень развития отечественной промышленности в целом и металлургии в частности на принципиально другой качественный уровень.

Уровень цифровизации промышленности значительно различается по отдельным отраслям. Металлургия, являясь одной из важнейших базовых отраслей экономики России, характеризуется достаточно высоким уровнем использования так называемых сквозных технологий цифровой экономики (Прохорова и др., 2023). Это искусственный интеллект (ИИ), промышленный Интернет, квантовые технологии, новые производственные технологии, большие данные, робототехника и сенсорика, технологии беспроводной связи, системы распределённого реестра, технологии виртуальной и дополненной реальности.

На сегодняшний день российскими металлургическими компаниями накоплен большой опыт в области не только внедрения, но и разработки цифровых технологий на базе ИИ. Так, на Магнитогорском металлургическом комбинате был создан профильный Центр компетенций, основной задачей которого является грамотное встраивание технологий ИИ в производственные и иные процессы². При этом ИИ уже контролирует на комбинате системы складского учёта и оптимизации запасов, контроля за снижением уровня травматизма, анализа качества производственных процессов и др.³ Также по результатам 2024 г. руководство ММК положи-

¹ Frontier Technologies for sustainable development in Asia and the Pacific. United Nations ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific). 2018. [Электронный ресурс]. <https://www.unescap.org/sites/default/files/publications/Frontier%20tech%20for%20SDG.pdf> (дата обращения: 24.09.2023).

² ММК прогнозирует накопительный эффект от роботизации в 2 млрд рублей по итогам 2025 года. [Электронный ресурс]. <https://www.metalinfo.ru/ru/news/174404> (дата обращения: 07.11.2025).

³ ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Годовой отчёт 2024. [Электронный ресурс]. https://mmk.ru/upload/iblock/835/g7j3r6tpl9dpy0urdelofg3q59dyi2fq/praxis_mmk_AR_24_02.06.pdf (дата обращения: 05.11.2025).

тельно оценило применение программных роботов (RPA), показавших высокую экономическую эффективность.

Компания ЕВРАЗ тоже положительно оценивает использование цифровых решений в работе своих предприятий, отмечая при этом, что около 60 % получаемого экономического эффекта от цифровых технологий приходится на ИИ. В 2024 г. компанией было реализовано 15 проектов с применением ИИ¹. Сферы применения таких технологий здесь достаточно обширны. Это и речевая аналитика для повышения качества обслуживания клиентов, и «анализ безопасности выполнения работ» (АБВР), и видеоаналитика, и другие направления.

Лидером среди металлургических компаний относительно работы с цифровыми технологиями можно считать ПАО «Северсталь», которая является членом альянса в сфере ИИ. Направления, которые здесь уже сегодня работают в связке с ИИ (управляются им), включают в себя технологии цифровых двойников, системы слежения за качественными и количественными параметрами на производственных линиях, оптимизационные системы, контролирующие работу машин и агрегатов, программы обслуживания клиентов, прогнозирования периодов проведения ремонтных работ, персонализированного консалтинга сотрудников по рабочим вопросам, клиентского консалтинга, управления процессами закупки и поставок, документооборота (чат-бот), систему подбора аналогов к импортным деталям для их замены и др. В рамках компании существует мощная ИТ-структура, генерирующая множество цифровых решений как для внедрения в работу своих производств, так и для реализации сторонним заказчикам. В 2024 г. Северсталь даже появилась на карте разработчиков цифровых продуктов, используемых в промышленности².

Определённые успехи в сфере применения ИИ есть и у Новолипецкого комбината. Совместно с компанией AXENIX им был реализован проект по созданию и внедрению генеративной искусственной нейросети для ускоренной разработки программных приложений, используемых в сферах управления производством, персоналом и циф-

¹ Отчёт об устойчивом развитии — 2024. ЕВРАЗ. С. 230. [Электронный ресурс]. <https://www.evraz.com/ru/sustainability/data-center/sustainability-reports/> (дата обращения: 30.10.2025).

² Новая стратегия для устойчивой металлургии будущего. Интегрированный отчёт компании Северсталь за 2024 г. [Электронный ресурс]. <https://severstal.com/rus/media/archive/severstal-predstavila-integrirovanny-otchet-za-2024-god/> (дата обращения: 01.11.2025).

ровыми коммуникациями¹. В результате получения положительного эффекта денная технология масштабирована на другие задачи. Также НЛМК применяет ИИ для контроля систем машинного зрения².

ОАО «Металлоинвест» в 2024 г. открыл Центр мониторинга и управления производством, собирающий и анализирующий все цифровые данные со всех предприятий структуры. Управление базами данных осуществляется Центром при помощи системы на базе ИИ³.

На ряде предприятий ПАО «ТМК» в 2024 г. был внедрён комплекс систем, управляемых с использованием ИИ, для сбора и хранения данных в целях прогнозирования производственных параметров (проект «Поток»)⁴. На предприятиях структуры действует система с ИИ, исполняющая функцию помощника сталевара. Также компания применяет ИИ в связке с технологиями машинного зрения, Big Data и VR для контроля качества процессов производства готовой продукции.

В рамках металлургической отрасли ИИ нашёл широкое применение в самых различных направлениях, создавая совместно с другими цифровыми решениями эффективные инструменты для повышения производительности труда, контроля качества производства, повышения качества работы с поставщиками и заказчиками и других задач, число которых продолжает расти. При этом можно сказать, что, обогатившись, ИИ-цифровые технологии выходят на качественно новый уровень, благодаря чему обновление традиционных производственных (металлургических) технологий представляется более полным.

Тем не менее вполне успешные попытки продемонстрировать такое обновление были и до широкого распространения технологий ИИ. Так, девизом созданной в 2020 г. на базе Первоуральского новотрубного завода компании CYBERSTEEL является переход «от промышленной деятельности к интеллектуальному производ-

¹ Группа НЛМК тестирует применение искусственного интеллекта для ускорения разработки программных решений. [Электронный ресурс]. <https://nlmk.com/ru/media-center/press-releases/nlmk-group-pilots-ai-for-faster-software-development/> (дата обращения: 05.11.2025).

² Стальной хай-тек: где и как НЛМК применяет нейросети. [Электронный ресурс]. <https://www.metallinfo.ru/ru/news/176768> (дата обращения: 06.11.2025).

³ ОАО «Металлоинвест». Отчёт об устойчивом развитии 2024. С. 321. [Электронный ресурс]. https://www.metalloinvest.com/development/csr-reports/?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения: 07.11.2025).

⁴ ТМК. Отчёт об устойчивом развитии — 2024. С. 250. [Электронный ресурс]. <https://www.tmk-group.ru/esg-reports/download/qEZVSWYfz5Lni4vwiAUJtLyEO9U7m22equ8ADxfCLNMJwtCQNcXU62L3PQ11> (дата обращения: 05.11.2025).

ству». Заявленная под новым брендом компания является ведущим поставщиком высокотехнологичных бесшовных труб из нержавеющей стали, занимая 24 % на российском рынке. Потребителями таких труб являются предприятия энергетического машиностроения, атомной промышленности, авиации, судостроения, нефтепереработки и других отраслей. CYBERSTEEL как высокотехнологичная компания создаёт практически новое направление в отечественной промышленности — киберметаллургию, которая основана на синергии металлургии, науки, IT и digital-технологий. Для постоянного повышения технологического уровня компания в 2024 г. организовала собственный R&D-центр «CYBERLAB», в состав которого входит современный испытательный центр, включающий лаборатории неразрушающего контроля, физико-механических испытаний и металлографии. Особенностью формирования киберметаллургии является не только автоматизация бизнес-процессов и роботизация производства, но и создание бизнес-экосистемы, где клиентские взаимоотношения переводятся в цифровую среду, внедряются интеллектуальные системы анализа данных, развиваются «умные» производственные цепочки с полным прослеживанием процессов от получения заказа до его отгрузки. Такой подход представляет собой яркий пример эффективного обновления традиционных технологий.

В беспрецедентно неблагоприятных санкционных условиях функционирования металлургии государственная поддержка цифровизации металлургического производства является необходимой для сохранения конкурентоспособности отрасли не только на мировом, но и на внутреннем рынке. Известно, что в стоимостной структуре российского экспорта чёрных металлов в 2021 г. около 45 % составлял экспорт в страны ЕС и Северной Америки (Сургин, 2024) (в т. ч. в страны ЕС — 29 %). Но уже в 2023 г. ситуация изменилась. В общем товарообороте России ключевую роль стали играть страны Азии, причём это касается как экспорта (71,5 % — доля стран Азии), так и импорта (65 % — доля стран Азии) продукции. При этом минеральные продукты составили около 60 % в общем объёме экспорта, а в импорте преобладали машины и оборудование, доля которых превышала 50 % (50,6 %) (Кусков, Никитин, 2024). Произошли изменения и в металлургии. Доля металлов и изделий из них в общем объёме экспорта в 2023 г. снизилась на 10,1 % в сравнении с 2022 г., а импорт металлургической продукции в 2023 г. возрос за год на 1,3 %, составив по итогам года 14,5 млрд долл. США (Кусков, Никитин, 2024). Однако на российском рынке доля импортируемой металлопродукции продолжает оставаться незначительной, составив по итогам 2023 г. 6 %.

Вынужденная корректировка металлургическими компаниями России своих экспортных стратегий в восточном направлении привела к существенным потерям, поскольку они должны были предоставлять новым импортёрам дисконт в размере около четверти, а иногда и больше от первоначальной цены. По оценке экспертов, в 2023–2024 гг. экспорт российской стали и железной руды в среднем приносит только убытки, тогда как на внутреннем рынке обеспечивается рентабельность более 30 % (Кусков, Никитин, 2024).

В этих условиях компании сместили акценты с экспортных поставок на удовлетворение внутреннего спроса, что позволяет реализовать имеющийся производственный потенциал отрасли. Конечно, значительную роль в относительной нормализации ситуации в металлургии сыграли своевременно оказываемые правительством меры стимулирования, в т. ч. поддержка программ комплексного импортозамещения, в рамках которых поддерживалось производство прежде всего качественных видов металлопродукции. Фактически государственными мерами поддержки металлургических компаний явилось стимулирование повышения внутреннего спроса за счёт реализации крупных металлоёмких проектов, связанных с освоением Арктики, развитием транспортной инфраструктуры и т. д. Кроме того, возросшие потребности оборонно-промышленного комплекса России после 2022 г. могут быть обеспечены при условии наличия не просто развитой металлургии, а технологичных и эффективных металлургических производств, обеспечивающих выпуск инновационной, высокотехнологичной металлопродукции со специальными свойствами.

Важно учитывать объективную необходимость трансформации стратегических целей развития металлургии, что и отмечается в новых стратегиях развития металлургических компаний. Если ранее основным видом экспортируемой продукции была металлопродукция с низкой добавленной стоимостью, то сегодня в отрасли происходит модернизация всего производственного процесса с целью обеспечения качественной металлопродукцией отечественных предприятий не только автомобилестроения, тяжёлого машиностроения, электротехнической промышленности, но и оборонно-промышленного комплекса. Однако с учётом современных мировых технологических трендов такая модернизация является недостаточной. В мировой металлургии всё масштабнее становятся проекты по разработке принципиально новых технологических решений в отрасли, привлекаются миллиардные инвестиции в проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для их создания.

Инвестиционная активность металлургических компаний России после 2022 г. демонстрирует явную тенденцию к росту (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, за период с 2022 по 2024 гг. положительная динамика характерна для всех приведённых групп металлургических производств.

Исследования FORBES по составлению ежегодного рейтинга крупнейших российских компаний по размеру чистой прибыли показали снижение доли компаний чёрной металлургии в отраслевой структуре рейтинга как по числу компаний, так и по размеру чистой прибыли. Если в 2023 г. суммарная чистая прибыль вошедших в рейтинг 7 компаний чёрной металлургии составляла 685,6 млрд руб., то в 2024 г. в рейтинг вошли лишь 4 компании с суммарной прибылью 433,0 млрд руб. Прежде всего это Северсталь, занявшая 16-е место в рейтинге с прибылью 149,6 млрд руб., но в 2023 г. прибыль была 190,9 млрд руб., т. е. снижение на 21,7 %; НЛМК — 20-е место в рейтинге с прибылью 121,9 млрд руб., что на 41,8 % ниже, чем было

Таблица 1

Инвестиции в основной капитал по видам металлургического производства в РФ (крупные и средние организации и организации с численностью работников до 15 чел., не являющиеся субъектами малого предпринимательства), млн руб.

| Показатель | Данные показателя по годам | | | |
|--|----------------------------|--------|--------|--------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Производство металлургическое | 482247 | 590579 | 716661 | 803670 |
| <i>в том числе</i> | | | | |
| Производство чугуна, стали и ферросплавов | 152737 | 153494 | 158707 | 281638 |
| <i>в том числе</i> | | | | |
| Производство основных продуктов из железа и стали | 35859 | 41508 | 52654 | 96545 |
| <i>в том числе</i> | | | | |
| Производство чугуна | 30488 | 31451 | 39787 | 80651 |
| Производство ферросплавов | 4048 | 9485 | 12612 | 15386 |
| Производство стали в слитках | 45253 | 48360 | 47783 | 79005 |
| Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования | 106529 | 103476 | 226108 | 333253 |

Источник: Инвестиции в основной капитал по видам экономической деятельности. Федеральная служба государственной статистики. Управление статистики строительства, инвестиций и жилищно-коммунального хозяйства. [Электронный ресурс]. <https://www.fedstat.ru/indicator/59084> (дата обращения: 10.10.2025).

в 2023 г.; ММК — 27-е место в рейтинге с прибылью 79,7 млрд руб. при аналогичном показателе 2023 г. 118,4 млрд руб., т. е. снижение на 32,6 %. Итак, три металлургических компании из четырёх значительно ухудшили свои показатели, снизив место в рейтинге соответственно на три, восемь и пять единиц. И только одна компания — Металлоинвест — поднялась в 2024 г. на двенадцать мест в сравнении с 2023 г. и, опередив ММК, заняла 26-е место в рейтинге 2024 г., получив прибыль 81,9 млрд руб., что на 20 % выше уровня 2023 г.

В досанкционный период металлургия России развивалась с учётом мировых трендов развития отрасли не только в технологическом плане, но и с учётом возрастающих требований в области экологии, повышения качества жизни работников отрасли. Проведённый нами анализ стратегий развития металлургических компаний и реализуемых инвестиционных проектов подтверждает, что, несмотря на все трудности, металлургические компании сохраняют приверженность устойчивому развитию, соблюдая ESG-принципы, что поддерживает репутацию компаний и их инвестиционную привлекательность на мировом рынке.

Генеральной Ассамблеей ООН в 2015 г. была принята система Целей устойчивого развития (ЦУР ООН), к соблюдению которой сегодня стремятся крупные производители промышленной продукции, в т. ч. российские металлургические компании. Одной из таких компаний является ПАО «ММК», активно реализующая ключевые направления устойчивого развития (табл. 2).

Можно видеть, что крупнейшие металлургические компании РФ активно работают над задачами устойчивого развития, что требует существенных вложений. Инвестиции ММК на выполнение задач ЦУР в 2024 г. составили 39 млрд руб. Объём инвестиций Северстали на развитие производства (CAPEX) в этом году составил 118,5 млрд руб., в т. ч. 24,7 млрд руб. на реализацию мероприятий по снижению вредных выбросов, 7,5 млрд руб. на социальные проекты, 7,1 млрд руб. на проекты по охране труда и промышленной безопасности. ЕВРАЗ-ом на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов было выделено 5,6 млрд руб. и 5 млрд руб. на социальные инвестиции. ТМК в 2024 г. потратила 27,4 млрд руб. инвестиций на инновации, из которых более 83 % (> 22,7 млрд руб.) было направлено на проекты по устойчивому развитию. На социальные проекты трубной компанией было выделено 2,9 млрд руб. инвестиций. Рекордсменом по объёму социальных инвестиций является компания НЛМК, направившая только на эти цели 88,5 млрд руб. Все перечисленные компании являются регулярными лауреатами мно-

**Цели и ключевые направления работы ПАО «ММК»
в области устойчивого развития**

| Цели устойчивого развития (ЦУР ООН) | Ключевые направления работы компании |
|-------------------------------------|---|
| «Е»: ЦУР 6, 7, 12, 13 | Снижение влияния на атмосферный воздух, водные ресурсы, почву |
| | Вторичная переработка собственных железосодержащих отходов производства |
| | Внедрение в работу электронного приложения «Платформа энергоменеджмента» для генерации энергоэффективных идей |
| | Повышение экологического ранга территории (города) расположения производства |
| «S»: ЦУР 3, 8 | Создание условий и культуры безопасности |
| | Сокращение количества операций (действий), связанных с риском для здоровья |
| | Создание условий для привлечения и удержания работников |
| | Формирование позитивной корпоративной среды, предполагающей наличие систем обучения и наставничества |
| «G»: ЦУР 9 | Развитие качественной инфраструктуры, реализация комплекса проектов цифровой трансформации (11 шт. в 2024 г.) |

Источник: сост. авторами на основе отчёта об устойчивом развитии компании.

жества наград и получают высокие оценки по ESG- критериям от независимых авторитетных аналитических агентств (в среднем более 20 наград и независимых оценок в 2024 г.).

***Проблемы дальнейшей цифровой трансформации
чёрной металлургии России***

Внедрение новейших технологических решений на предприятиях крупных металлургических компаний России, повышение уровня их цифровой зрелости способствовали быстрому продвижению отрасли к занятию достаточно прочного места на мировом рынке металлов. Однако сложившаяся геополитическая ситуация не только вызвала кардинальные изменения в текущей работе компаний, но и внесла значительные коррективы и в стратегии их развития, вынуждая формировать новые логистические цепочки, новые приоритеты развития, связанные с ориентацией преимущественно на внутренний рынок. Такая ситуация при всей безальтернатив-

ности цифровой трансформации металлургии создаёт ряд дополнительных сложностей её проведения. Снижение прибыльности металлургических компаний, сокращение производства, связанное с их переориентацией на рынки стран Азии, могут негативно отразиться не только на темпах цифровой трансформации металлургии, но и на суммах инвестиций, вкладываемых в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (Терпугов, 2022). На фоне всё возрастающей активности зарубежных компаний по разработке принципиально новых технологий в чёрной металлургии такого отставания отечественные, прежде всего крупнейшие металлургические компании не должны допустить.

С этой точки зрения государственная поддержка отрасли представляется одним из важнейших факторов сохранения и наращивания её инновационного потенциала, достижения цифровой зрелости. При этом важно учитывать, что цифровая зрелость металлургии важна не только для повышения её конкурентоспособности на мировом и внутреннем рынках, но и то, что достижение цифровой зрелости металлургии, по мнению экспертов, является важным фактором цифровизации всей отечественной экономики. Поэтому регулирование данных процессов должно проводиться на основе единой нормативно-правовой базы, формируемой на федеральном уровне. Такая нормативно-правовая база может явиться как фактором, ускоряющим цифровую трансформацию экономики, так и тормозящим её развитие.

Значительно осложняется процесс цифровизации производственных процессов как в металлургии, так и в других базовых отраслях промышленности тем, что компании чаще всего приобретают отдельно аппаратные компоненты и программное обеспечение. Сложившаяся ситуация явилась в определённой мере следствием того, что поддержка импортозамещения в России осуществлялась отдельно по разработке программного обеспечения и производству оборудования. Нормативная база не корректирует данную ситуацию, поэтому закупка аппаратных компонентов и программного обеспечения в большинстве базовых отраслей происходит по отдельности. Представляется обоснованным мнение И. Левчука о необходимости разработки полноценного стека промышленного программного обеспечения, которое должно быть интегрировано с аппаратными решениями¹. Только при таком условии

¹ Левчук, И. (2025). Промышленное ПО: тонкости перехода. Коммерсант (8 июля), 119.

будет возможно создание готовой экосистемы, центром которой являются программно-аппаратные комплексы как единый продукт, а не набор разрозненных компонентов. Именно такое решение может явиться одним из важных факторов повышения уровня цифровизации металлургической промышленности.

Серьёзной проблемой для повышения цифровой зрелости отечественной металлургии могут явиться изменения налогового регулирования ИТ-индустрии. Законопроект, внесённый правительством РФ в сентябре 2025 г. на рассмотрение в Государственную думу, предусматривает существенные изменения в Налоговом кодексе России. Согласно предлагаемому законопроекту, российские разработчики программного обеспечения с 1 января 2026 г. могут лишиться целого ряда основных льгот. Речь идёт прежде всего об отмене нулевой ставки НДС и введении 22 % НДС на продажу ПО, о повышении вдвое льготных тарифов страховых взносов для ИТ-компаний, о шестикратном сокращении размера выручки для применения упрощённой системы налогообложения (с 60 млн руб. до 10 млн руб.). Резкое усиление налоговой нагрузки на ИТ-отрасль, которая является стратегически важной в условиях формирования Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0, может снизить инвестиционную привлекательность отрасли ИТ, приведёт к сокращению числа действующих компаний, снижению инвестиций в НИОКР, оттоку квалифицированных кадров. Такая ситуация может вызвать серьёзные проблемы дальнейшей цифровизации экономики России, её промышленного комплекса, включая металлургию.

В условиях максимальной геополитической напряжённости своевременная корректировка фискальной нагрузки является необходимой не только с точки зрения дальнейшей цифровой трансформации металлургического производства, но и с позиции обеспечения хотя бы минимальной прибыльности производства металла. В частности, электросталеплавильное производство, являясь самым прогрессивным способом выплавки стали, в финансовом отношении оказалось в критическом положении. Текущий курс национальной валюты является неприемлемым для отечественных экспортёров стали. Кроме того, чрезмерная фискальная нагрузка ставит под угрозу сохранение хотя бы минимальной рентабельности электросталеплавильного производства. Так, в 2024 г. у каждого российского электрометаллургического предприятия акциз на электросталь был больше, чем налог на прибыль (Демченко, 2025). Необходимы изменения в налоговом кодексе с учётом обязательной корректировки формулы расчёта акциза на сталь и введением нового порогового значения, ниже ко-

торого акциз на жидкую сталь не должен устанавливаться. Повышение прибыльности электросталеплавильного производства является серьезной проблемой не только для бизнеса, но и для государства, без решения которой трудно рассчитывать даже на сохранение достигнутых темпов цифровизации производства.

Заключение

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют констатировать, что металлургия имеет большие достижения в области цифровизации практически всех сфер деятельности отрасли. Здесь успешно используются цифровые технологии для повышения эффективности производственных процессов и цифровой зрелости отрасли в целом. Применяются сквозные цифровые технологии для создания маркетплейсов металлопродукции. Анализ развития крупнейших металлургических компаний показал, что цифровые технологии успешно используются не только для получения экономического и операционного эффекта, но и для работы компаний в режиме устойчивого развития, соблюдая все ESG-принципы.

В то же время сложная геополитическая ситуация, возрастание конкуренции на мировом рынке стали предопределили появление целого ряда проблем развития цифровизации отрасли. Есть серьезная проблема, связанная со снижением инвестиционной привлекательности отрасли, что может негативно сказаться на требуемом финансировании для поддержания цифровой зрелости не только ведущих компаний, но и других металлургических предприятий отрасли, отстающих в настоящее время по уровню внедрения цифровых технологий. Требуется серьезная корректировка налогового кодекса с целью регулирования фискальной нагрузки в новых условиях хозяйствования. Ещё одна задача связана с увеличением рисков безопасности российских промышленных предприятий от кибератак, число которых в 2024 г. возросло до 110 тыс., немалая часть из них пришлась на металлургию. Данное обстоятельство обостряет вопрос нехватки ИТ-специалистов (на предприятиях промышленности), в т. ч. по кибербезопасности. Кроме того, существенной проблемой для промышленности в целом является высокий износ основных фондов, снижающий темпы роста и замедляющий процесс достижения условий устойчивого развития.

Относительно поставленной гипотезы, можно утверждать, что чёрная металлургия РФ в условиях снижения прибыли в целом остаётся в состоянии противостоять современным вызовам, но эффективность её дальнейшего развития будет зависеть как от продолжительности

периода санкционного давления на неё и смежные ей отрасли, так и от эффективности реализации инструментария технологической, промышленной и налоговой политики, в т. ч. фискальной нагрузки.

Благодарности

Исследование выполнено в соответствии с гос. заданием Института экономики УрО РАН на 2025–2026 гг.

Acknowledgements

The study was carried out in accordance with the state assignment of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for 2025–2026.

Список источников

Демченко, И. (2025). «У нас нет другого выбора». *Металлоснабжение и сбыт*, 7–8, 28–29.

Кусков, А. Н., Никитин, И. И. (2024). Анализ внешнеэкономического потенциала металлургической промышленности России. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 1–4 (88), 214–217.

Панкова, Л. В., Гусарова, О. В. (2022). Мировая инновационно-цифровая экспансия: особенности момента. *Вестник Российской Академии наук*, 92(10), 971–983.

Прохорова, И. С., Устинов, В. С., Елхова, А. В. (2023). Цифровая зрелость металлургической отрасли России: драйверы и проблемы роста в новых геополитических условиях. Часть II. Ключевые направления цифровой трансформации. *Вестник университета*, 12, 44–52.

Сургин, А. С. (2024). Экспортный потенциал российской металлургической промышленности в условиях международных торговых ограничений. *Вестник ДонНУ. Сер. В. Экономика и право*, 1, 93–100.

Терпугов, А. Е. (2022). Развитие механизма управления рыночными стратегиями российской металлургической отрасли в современных условиях. *Вестник университета*, 10, 177–184.

References

Demchenko, I. (2025). «We have no other choice.» *Metallснабzhenie i sbit [Metal supply and sales]*, 7–8, 28–29 (In Russ.)

Kuskov, A. N., Nikitin, I. I. (2024). Analysis of the foreign economic potential of the Russian metallurgical industry. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 1–4 (88), 214–217 (In Russ.)

Pankova, L. V., Gusarova, O. V. (2022). Global innovation and digital expansion: features of the moment. *Vestnik Rossiiskoi Akademii nauk [Bulletin of the Russian Academy of Sciences]*, 92(10), 971–983 (In Russ.)

Prokhorova, I. S., Ustinov, V. S., Elkhova, A. V. (2023). Digital maturity of the Russian metallurgical industry: drivers and problems of growth in new geopolitical

conditions. Part II. Key areas of digital transformation. *Vestnik universiteta [Bulletin of the University]*, 12, 44–52 (In Russ.)

Surgin, A. S. (2024). The export potential of the Russian metallurgical industry in the context of international trade restrictions. *Vestnik DonNU. Ser. V. Ekonomika i pravo [Bulletin of DonNU. Ser. V. Economics and Law]*, 1, 93–100 (In Russ.)

Terpugov, A. E. (2022). Development of a mechanism for managing market strategies of the Russian metallurgical industry in modern conditions. *Vestnik universiteta [Bulletin of the University]*, 10, 177–184 (In Russ.)

Сведения об авторах

Ольга Александровна Романова — доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <http://orcid.org/0000-0002-6459-881X> (620014, РФ, Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: romanova.oa@uiec.ru).

Дмитрий Владимирович Сиротин — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <http://orcid.org/0000-0002-3794-3956> (620014, Россия, Екатеринбург, ул. Московская, д. 29, e-mail: sirotin.dv@uiec.ru).

Olga A. Romanova — Doctor of Economics, Professor, Chief Researcher of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; <http://orcid.org/0000-0002-6459-881X> (Moskovskaya St., 29, Yekaterinburg, 620014, Russia, e-mail: romanova.oa@uiec.ru).

Dmitrij V. Sirotin — Cand. Sci. (Econ.), Senior Research Fellow of the Center for Structural Policy, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; <http://orcid.org/0000-0002-3794-3956> (Moskovskaya St., 29, Yekaterinburg, 620014, Russia, e-mail: sirotin.dv@uiec.ru).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 311, 004.42, 711

JEL classification: C55, C16, G11

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-20>

Анализ инвестиционной привлекательности регионов на основе внедрения технологий искусственного интеллекта¹

Р. Д. Сарвари^а, С. В. Минич^б

^а Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой (г. Новополоцк, Республика Беларусь).

^б Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (г. Минск, Республика Беларусь).

^а <https://orcid.org/0000-0003-3001-1950>

^б <https://orcid.org/0009-0004-1948-9640>

Автор для корреспонденции: Р. Д. Сарвари (renata.sarvari@mail.ru).

Аннотация. В качестве источников данных использованы открытые сведения Белстата, данные локальной кадастровой службы и картографические материалы о плотности застройки, а также публикации местных средств массовой информации по городу Минску. Предметом исследования является совокупность процессов и инструментов, обеспечивающих функционирование интеллектуальной системы для оценки инвестиционной привлекательности территорий. Цель работы заключается в создании системы, помогающей девелоперам на этапе предварительной оценки определять перспективность участков под коммерческое строительство с использованием технологий искусственного интеллекта. Гипотеза исследования состоит в том, что применение архитектуры извлечения и генерации данных позволяет преодолеть фрагментированность информации и повысить качество оценки. Методология включает семантический и ключевой поиск, контекстное управление и экспертную верификацию результатов. Результаты подтверждают повышение точности и прозрачности анализа при сокращении временных и финансовых затрат. Научный вклад заключается в разработке методологической основы применения интеллектуальных систем для инвестиционного анализа. Практическое применение возможно в девелопменте и стратегическом планировании городских территорий. Дальнейшие исследования связаны с апробацией модели на новых кейсах и расширением набора данных.

Ключевые слова: инвестиционный потенциал, инвестиционная привлекательность, искусственный интеллект, RAG, оценка

¹ © Сарвари Р.Д., Минич С.В. Текст. 2026.

Analysis of investment attractiveness of regions based on the implementation of artificial intelligence technologies

R. Sarvary^a, S. Minich^b

^a Polotsk State University (Novopolotsk, Republic of Belarus).

^b Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus).

^a <https://orcid.org/0000-0003-3001-1950>

^b <https://orcid.org/0009-0004-1948-9640>

Corresponding author: J. Smith (smith@www.org).

Abstract. *The data sources used were publicly available data from Belstat, local cadastral service data, and cartographic materials on building density, as well as local media publications on the city of Minsk. The subject of the study is the set of processes and tools that support the functioning of an intelligent system for assessing the investment attractiveness of territories. The goal of the study is to create a system that helps developers determine the potential of commercial construction sites during the preliminary assessment stage using artificial intelligence technologies. The study hypothesis is that the use of a data extraction and generation architecture helps overcome information fragmentation and improve the quality of assessments. The methodology includes semantic and keyword search, context management, and expert verification of results. The results confirm increased accuracy and transparency of analysis while reducing time and cost. The scientific contribution lies in the development of a methodological framework for the use of intelligent systems in investment analysis. Practical application is possible in development and strategic planning of urban areas. Further research involves testing the model on new cases and expanding the dataset.*

Keywords: investment potential, investment attractiveness, artificial intelligence, RAG, assessment

Введение

Создание интеллектуальной системы для анализа инвестиционной привлекательности площадок обусловлено комплексом объективных проблем, с которыми сталкиваются участники инвестиционного и девелоперского процессов. Современные подходы к оценке проектов характеризуются фрагментированностью информации, т. к. аналитические данные распределены между множеством разрозненных источников (рыночными отчетами, публикациями СМИ, данными государственных реестров и материалами конкурентов). Кроме того, отсутствие единого интегрированного инструмента вынуждает инвесторов и аналитиков проводить сбор и обработку информации вручную, что приводит к значительным временным затратам (до нескольких месяцев на пред-

проектный анализ) и снижает оперативность принятия решений. Не менее существенной проблемой является высокая стоимость оценки у консультирующих организаций, а впоследствии высокая стоимость ошибок при выборе локации, т. к. некорректная оценка факторов привлекательности участка может привести к потерям в миллионы долларов, особенно в высококонкурентных отраслях, где своевременность выхода на рынок определяет успех проекта.

Авторская гипотеза подразумевает, что использование искусственного интеллекта (ИИ), в частности технологий Retrieval-Augmented Generation (RAG), представляется научно и методологически обоснованным решением для преодоления указанных ограничений. Данный подход сочетает возможности семантического поиска в векторных базах данных и генеративного анализа текстовой информации, что обеспечивает актуальность данных за счет постоянного обновления корпуса документов и прозрачность анализа, поскольку система формирует ответы с обязательным указанием источников, исключая эффект «черного ящика», характерный для стандартных языковых моделей. Кроме того, применение доменно адаптированных моделей, дообученных на корпусах строительной и инвестиционной аналитики, обеспечивает высокую предметную специфичность выводов и позволяет учитывать отраслевые закономерности. За счет масштабируемости архитектуры система способна обрабатывать тысячи документов одновременно, формируя целостное представление о рыночной ситуации в реальном времени. Наконец, механизм выборки ответов из проверенных источников существенно снижает вероятность генерации недостоверных данных (так называемых «галлюцинаций»), что критически важно при финансовом моделировании и территориальном планировании.

Цель авторского исследования заключается в создании интеллектуальной системы, которая помогает девелоперам на этапе предварительной оценки определять инвестиционную привлекательность конкретных участков под коммерческие объекты за счет использования масштабируемых технологий и ИИ-ассистентов. Данный интеллектуальный ассистент проводит предпроектный анализ, сопоставимый по качеству с работой консалтинговой компании. Анализ включает демографические, экономические и инфраструктурные параметры территории, поиск удачных аналогов, оценку рисков и формирование рекомендаций.

Обзор литературы

Современная литература по теме научного исследования выделяет несколько видов контекста в разрезе анализа инвестиционной привлекательности. Вместе с тем к вопросу инвестпривлекательности региона относят территорию и инфраструктуру, которая ее окружает. Под территорией может пониматься как отдельный участок земли внутри населенного пункта, так и целый регион (город / область / страна). В свою очередь инвестиционная привлекательность понимается авторами по-разному, имея общий базис определения. Одни дефиниции показывают категорию как комплексную характеристику, которая отражает степень соответствия региона целям определенного инвестора, в частности, возможности получения целевой доходности инвестируемого капитала при приемлемом уровне риска в сочетании с комфортными условиями инвестирования (Траченко, Джиоев, 2019). Другие видят в термине совокупность различных факторов, посредством которых можно определить состояние внешней инвестиционной среды, в которой предполагается осуществление и развитие конкретного инвестиционного процесса (Трифонов, Мурашко, 2017). Третьи подразумевают под инвестпривлекательностью процесс включения нескольких компонентов (инвестиционный потенциал и инвестиционный риск), характеризующийся их взаимодействием (Полунин, 2014). Альтернативная позиция рассматривает определение в самом общем смысле, где под инвестиционной привлекательностью понимают интегральную характеристику отдельных предприятий, отраслей, регионов, страны в целом с позиции перспективности развития, доходности инвестиций и уровня инвестиционных рисков¹ (Глазунова, Зыкова, 2018).

С другой стороны, инвестпривлекательность идентифицируется некоторыми авторами с позиции инвестиционной активности — рост или снижение вброса инвестиций в экономику региона или отдельной территории демонстрирует инвестпривлекательность, которую можно оценить совокупностью выбранных методов и методологий через оценку отдельных показателей. В данном контексте инвестиционная активность (как идентификатор инвестпривлекательности) видится отдельными авторами как интенсивность реализации инвестиционных проектов субъектами ре-

¹ Агаева, Л. К., Анисимова, В. Ю. (2018). Инвестиционная привлекательность региона: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского университета, 108 с. ISBN 978-5-7883-1209-5.

гиональной экономики, которая характеризуется объемами, темпами роста и общей структурой инвестиций (Заборовская и др., 2019). В обобщенном виде инвестиционная привлекательность может быть определена как совокупность объективных признаков, свойств, средств и возможностей, определяющих потенциальный платежеспособный спрос на инвестиции в основной капитал (Ройзман, 2009). Она отражает совокупную характеристику преимуществ и недостатков инвестирования отдельных направлений и объектов с позиции конкретного инвестора, что позволяет оценить рациональность вложений с учетом уровня риска и ожидаемой доходности (Бланк, 2009). Данное понятие также охватывает совокупность объективных признаков, свойств, средств и возможностей, формирующих в целом готовность и способность экономики воспринимать инвестиции (Валинурова, 2012). При этом инвестиционная привлекательность определяется наличием таких условий инвестирования, которые непосредственно влияют на предпочтения инвестора при выборе конкретного объекта вложений (Машкин, 2009).

Говоря о целях оценки инвестиционной привлекательности региона, стоит отметить ее направленность на выявление и количественно-качественную характеристику условий, определяющих целесообразность и эффективность вложения капитала. Результаты данной оценки служат инструментом принятия решений как для инвесторов, так и для органов регионального управления и профессиональных оценщиков. При этом для инвестора такая оценка позволяет определить степень целесообразности реализации инвестиционного проекта в конкретном регионе, сравнить альтернативные варианты размещения капитала и минимизировать риски, связанные с внешними условиями хозяйствования. В свою очередь для администрации региона результаты оценки выступают основой для формирования инвестиционной политики, разработки мер по повышению привлекательности территории и привлечению дополнительных источников финансирования. В конечном счете для третьей стороны — оценщиков — инвестиционная привлекательность региона является одним из ключевых факторов, учитываемых при определении рыночной стоимости предприятий, функционирующих на данной территории. Важно отметить, что разумно построенная методика оценки должна обеспечивать возможность объективного сопоставления и ранжирования регионов, что способствует повышению прозрачности инвестиционного процесса и формированию устойчивого интереса к наиболее перспективным территориям (Трифонов, Мурашко, 2017).

Различая методы и методологии оценки, ученые выделяют множество подходов. С одной стороны, в соответствии с определенными критериями классификации методик оценки инвестиционной привлекательности авторы научных исследований рассматривают три основных подхода, среди которых располагаются однофакторная, многофакторная и оценка широкого профиля показателей (Бакитжанов, 2001). Альтернативная авторская точка зрения предлагает детализировать методики оценки инвестпривлекательности в зависимости от степени инвестиционного риска, где список методик включает зависимость от экономической отдачи региона; отношение прибыли от инвестиций к вложенным средствам; совокупность общественно-политических, природно-хозяйственных и психологических характеристик; на базе готовых рейтингов на примере «Эксперт»; ранжирование по пяти определенным синтетическим показателям; и комплексная оценка инвестиционной привлекательности регионов с учетом их отраслевой специализации (Ковшун, Какаулина, 2010).

Экономические методы, методы факторного анализа, методы экспертных оценок также рассматриваются авторами в научных публикациях как основные подходы к оценке инвестпривлекательности¹. В структуру дополнительных относят методы моделирования и прогнозирования, которые применяются для оценки инвестиционной привлекательности с учетом различных сценариев развития экономики. К ним относятся эконометрические модели и сценарный анализ, позволяющие определить влияние макроэкономических факторов на инвестиционный климат. В свою очередь модели финансовой оценки используются при анализе отдельных проектов и включают методы NPV (чистая приведенная стоимость) и IRR (внутренняя норма доходности), отражающие эффективность инвестиций. Среди вспомогательных приемов оценки также выделяют метод индексирования, основанный на построении интегрального показателя, объединяющего экономические, социальные и политические факторы. Такой индекс позволяет сравнивать регионы и выявлять их сильные и слабые стороны в сфере инвестиционной привлекательности (Ануфриева, Валиев, 2025).

Обращаясь к зарубежным исследованиям, можно заметить схожесть подходов к определению категории инвестиционной привлекательности, аргументации целей данного процесса и использу-

¹ Лисянский, А. Б. (2020). Инвестиционная привлекательность региона: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского университета, 108 с.

емых методологий. Исследователи (Ballotta 2004; Dubini 2004, 2006; Lee 2016; Musolino 2016; Russo et al., 2012; Servillo et al., 2012) отмечают, что концептуализация территориальной привлекательности может осуществляться в нескольких направлениях. С одной стороны, она может трактоваться как «выявленная привлекательность», отражающая реальные входящие потоки (инвестиций, человеческого капитала, туристов или технологий) в определенную географическую область. С другой стороны, территориальная привлекательность рассматривается как «воспринимаемая привлекательность», связанная с тем, как различные группы или заинтересованные стороны воспринимают и оценивают данный регион. В этом контексте решающее значение приобретают репутационные, имиджевые и когнитивные аспекты, формирующие субъективное восприятие территории.

Также в зарубежной литературе выделяется понятие «реальной привлекательности», под которой понимают совокупность объективных факторов, повышающих потенциал региона (качество инфраструктуры, уровень предоставляемых услуг, наличие человеческого капитала, инновационный потенциал, институциональную среду и эффективность государственного управления) (Dziemianowicz et al., 2019; Musolino et al., 2022; Servillo et al., 2012).

Делая вывод о современном состоянии инструментария и методологий определения инвестиционной привлекательности, можно сказать, что на сегодняшний день они представляют собой достаточно развитую, но при этом неоднородную систему аналитических подходов, объединяющую как традиционные экономические методы, так и современные многофакторные и интегральные модели. Ценность существующих методик заключается в их способности обеспечивать комплексное восприятие инвестиционного потенциала региона, учитывая экономические, институциональные и социальные условия развития, а также уровень инвестиционных рисков и привлекательность бизнес-среды. Такие подходы позволяют формировать сравнительные оценки, выявлять конкурентные преимущества территорий и служат инструментом для стратегического планирования, разработки мер по повышению инвестиционной активности и выработки обоснованных управленческих решений как для инвесторов, так и для органов власти. В то же время существующие методики характеризуются рядом ограничений, обусловленных как различиями в исследовательских подходах, так и особенностями исходных данных.

Главным недостатком остается отсутствие универсальной, признанной научным сообществом методологии, что приводит к несо-

поставимости результатов и снижает точность межрегиональных и межстрановых сравнений. Значительная часть методик основана преимущественно на статистических и финансовых показателях, что делает их зависимыми от полноты и достоверности официальной отчетности и не позволяет в полной мере учитывать институциональные, репутационные и поведенческие факторы, формирующие восприятие региона инвесторами. Кроме того, многие модели носят статичный характер, фиксируя текущее состояние, но слабо отражая динамику инвестиционного процесса и влияние внешнеэкономических изменений, вследствие чего они ограничено применимы для прогнозирования долгосрочных тенденций.

Ко всему прочему, профессиональная экспертиза в области инвестиционного анализа и планирования остается малодоступной для малого и среднего бизнеса из-за высокой стоимости услуг квалифицированных специалистов. В свою очередь информация об успешных и неудачных кейсах инвестирования не систематизированы, а их поиск требует значительных трудозатрат и временных ресурсов. Данные факторы в совокупности создают высокий порог входа для потенциальных инвесторов и ограничивают их способность принимать обоснованные решения относительно инвестирования в отдельные территориальные / региональные единицы.

Материалы и методы

В качестве источников данных мы использовали открытые данные Белстата, локальной кадастровой службы, а также информацию по территориальной плотности на момент застройки с открытых картографических источников. В дополнение были учтены данные локальных открытых информационных источников (СМИ) по городу Минску.

Важно отметить, что эффективность системы во многом определяется качеством входных данных. В нашем авторском кейсе разнообразность форматов исходных данных (Excel, PDF, HTML, API) потребовала создания адаптеров и унификации информации в формате JSON, что обеспечило совместимость и стабильность обработки. В свою очередь для оценки достоверности ответов была введена система надежности источников (scoring), а для решения правовых ограничений использованы открытые данные и синтетические наборы, формируемые на основе статистических паттернов (шаблонов поведения). Объемные массивы данных обрабатываются с помощью приоритизации, поэтапной загрузки и облачного хранения с масштабированием, что в авторском кейсе повышает устойчивость и снижает издержки.

Учитывая выше проанализированное, ядром инфраструктуры выбран векторный механизм Qdrant, обеспечивающий фильтрацию по метаданным (регион, дата) и высокую производительность системы. Впоследствии для повышения точности поиска был оптимизирован размер текстовых фрагментов (*chunking*), подготавливаемых самой системой для стадии предобработки данных (200–300 токенов для таблиц и 300–500 для текстов, с перекрытием 50–100 токенов).

В генеративной части были использованы крупные языковые модели, такие как GPT-4.1 (для стадии прототипирования), Claude 4.5 (для создания базовой системы) и дообученная Llama 3 70B (для промышленной версии системы). Во избежание искажений (галлюцинаций) были применены строгий *prompting*, оценка уверенности модели (*confidence scoring*) и контроль эксперта в критически важных решениях. Данный гибридный подход, сочетающий промптинг и тонкую настройку (*fine-tuning*), обеспечил адаптацию результатов системы под девелоперскую терминологию и позволил повысить качество развития модели по мере накопления данных.

Для интеграции компонентов реализована RAG-архитектура, объединяющая поиск, генерацию и контекстное управление. Проблема релевантности решена с помощью гибридного поиска, включающего векторный и ключевой методы с последующим *re-ranking*. Для генерации ответов используется *advanced prompting* — модель получает контекст проекта и формирует структурированные аналитические выводы. Контекстная память (*conversation memory*) сохраняет ход диалога, а мультимодальные данные (тексты, таблицы, графики, геоинформация) унифицируются с помощью текстовых описаний и эмбеддингов (CLIP).

В качестве кейса оценки инвестпривлекательности территории на основе интеллектуальных систем мы использовали пример оценки инвестиционной привлекательности строительства торгового комплекса Dana Mall в городе Минске (Республике Беларусь). Данный объект был построен на пересечении проспекта Дзержинского и МКАД, поскольку зона отличается высокой транспортной доступностью и плотной жилой застройкой в радиусе 2–3 км; в момент планирования поблизости отсутствовали крупные конкурирующие ТРЦ; район активно развивался и заселялся молодыми семьями; были привлечены крупные якорные арендаторы (гипермаркет, кинотеатр).

Результаты

Архитектура разработанной нами интеллектуальной системы основывается на принципах многоуровневого взаимодействия между пользователем и машинным алгоритмом, что обеспечивает прозрачность процессов и устойчивость аналитических результатов. Механика работы системы с данными и представления результатов может быть описана поэтапно.

Этап 1. На входе система принимает естественно-языковой запрос, проходящий через диалоговый интерфейс, который интерпретирует обращение пользователя и обеспечивает взаимодействие в формате человек-машина. Далее запрос передается в оркестратор — центральный компонент, управляющий последовательностью выполнения операций. Он определяет тип запроса (аналитический, справочный, сравнительный и др.), выбирает оптимальный алгоритм и формирует параметры для последующих модулей.

Этап 2. После этого запрос проходит стадию семантической обработки, где производится синтаксико-семантический анализ, выделяются ключевые сущности (локация, объект, временной диапазон, рыночные показатели) и осуществляется нормализация данных. На основе этих параметров формируется поисковый профиль, направляемый в подсистему поиска релевантных документов. При этом используются как классические методы индексного поиска по ключевым словам, так и семантический поиск в векторных базах данных, что позволяет находить тексты, близкие по смыслу.

Этап 3. Полученные результаты агрегируются таким образом, что система сама устраняет дублирование информации, оценивает достоверность и хронологическую актуальность источников, формируя связный контекст для последующей генерации. На этой основе языковая модель создает аналитический вывод, отвечающий критериям структурности, краткости и обоснованности, с обязательной ссылкой на использованные источники. Далее информация проходит модуль верификации, где проверяется логическая согласованность и фактологическая точность данных. На основании вышеописанного пользователь получает итоговый ответ, включающий синтезированные сведения и подтверждающие документы, что обеспечивает воспроизводимость и прозрачность анализа.

Этап 4. На этапе тестирования система прошла комплексную валидацию. Качество оценивалось по трем группам метрик, принятым в RAG-подходе:

— retrieval-показатели (*precision*, *recall*, MRR) отражают точность поиска. В нашем кейсе оценки *precision* (точность) и MRR оказались

высокими, поскольку мы опирались на авторитетные официальные информационные ресурсы, а *recall* (доля всех фактических положительных результатов, которые были правильно классифицированы системой как положительные) оставался умеренным из-за частичной недоступности белорусских данных.

— метрики генерации (фактическая корректность, релевантность, полнота, полезность) определяются экспертной проверкой. Наш анализ опирался только на проверяемые факты, что обеспечило высокую точность. Впоследствии релевантность и полнота также оказались высокими (примерно, 0,8 по шкале от 0 до 1).

— end-to-end-метрики (показатель успешности задач, время до предоставления ответа, удовлетворенность пользователя), которые оценивают практическую эффективность. Например, время до получения итогового ответа соответствовало норме для многошагового поиска (несколько минут). Мы не беремся оценивать удовлетворенность пользователя, т. к. метрика зависит от субъективного восприятия. Однако в нашем кейсе система предоставила структурированный отчет со ссылками на источники, что обычно оценивается как высокий уровень удовлетворения.

Кроме того, в ходе тестирования применялись стресс-запросы, которые имитировали неоднозначные или неполные вопросы, проверки на устойчивость к опечаткам и отсутствие данных. Модель демонстрировала корректное поведение, которое включала уточнение недостающих сведений, сообщение об отсутствии информации, модель также не «галлюцинировала» факты (не создавала ложных фактов) и сохраняла последовательность ответов благодаря механизму памяти внутри системы в процессе диалога человек-машина.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно заключить, что разработанная система представляет собой комплексное решение, которое доступно для широкого круга пользователей. В дополнение система обеспечивает точность, интерпретируемость и воспроизводимость анализа инвестиционной привлекательности территорий, что немаловажно для масштабируемости методики в процессе прикладного использования на других кейсах оценки инвестпривлекательности территорий / региона.

Заключение

Исходя из анализа теоретических подходов к оценке инвестиционной привлекательности, можно отметить, что существующие методики представляют собой разнородную совокупность статистических и экспертных моделей, которые обеспечивают комплексное

восприятие потенциала региона, но страдают от отсутствия универсальной методологии, значительной зависимости от официальных данных и статичности оценок. Наш авторский подход к оценке инвестпривлекательности предлагает использование агента на базе искусственного интеллекта с использованием RAG-подхода. В отличие от «черного ящика» традиционных больших языковых моделей, RAG объединяет поиск по векторной базе и генеративную модель, что обеспечивает актуальность данных, прозрачность результатов, доменную специфику, масштабируемость и гибкость использования.

Таким образом, векторная база регулярно пополняется свежими исходными данными для целей обучения и дообучения модели, будь то кейсы для строительства, образовательной сферы, здравоохранения и других на строительных данных. Такой подход является ответом на теоретическую критику методов, основанных только на статистике или субъективных рейтингах. Он объединяет количественные и качественные компоненты, что позволяет учитывать как объективные характеристики территории, так и содержательные аналитические выводы. Кроме того, данный подход во многом позволяет снизить порог входа новых инвесторов в регионы, предоставляя доступный инструментарий предварительной инвестиционной оценки и инвестпотенциала территории / региона.

Список источников

Бакиджанов, А., Филин, С. (2001). Инвестиционная привлекательность региона: методические подходы и оценка. *Инвестиции в России*, (5), 11–20.

Бланк, И. А. (2009). *Основы инвестиционного менеджмента*. Санкт-Петербург: Ника-Центр, 537.

Валинурова, Л. С. (2012). *Организация инвестиционной деятельности в отраслях промышленности: монография*. Москва: Палеотип, 124.

Глазунова, Е. З., Зыкова, Е. Н. (2018). Сравнительный анализ инвестиционной привлекательности регионов Приволжского федерального округа. *Вектор экономики*, 1, 31–31.

Заборовская, О. В., Надежин, Ю. Ю. (2019). Методы оценки инвестиционной активности региона. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 11 (3), 18–27. <https://doi.org/10.17513/vael.921>

Ковшун, Ю. А., Какаулина, М. С. (2010). Сравнительный анализ методик определения инвестиционной привлекательности регионов. *Вестник Амурского государственного университета*, 51, 102–109.

Машкин, В. А. (2009). Управление инвестиционной привлекательностью реального сектора экономики региона. *Север промышленный*, (9), 15–19.

Ройзман, И. Д. (2009). Динамика инвестиционной привлекательности и инвестиционной конкурентоспособности российских регионов в среднесрочной перспективе. *Инвестиции в России*, (9), 3–14.

Траченко М. Б., Джиоев В. А. (2019). Оценка инвестиционной привлекательности регионов: какая методика отвечает интересам инвестора? *Государственное управление. Электронный вестник*, (76), 92–108. doi: 10.24411/2070-1381-2019-10005

Полунин, Л. В. (2014). Повышение показателей инвестиционной привлекательности региональной экономики. *Социально-экономические явления и процессы*, 1 (59), 73–80.

Ballotta, M. (2004). Factors, actions and policies to determine the investment attractiveness of a territorial system. *WBI/PSD Investment Climate Seminar Series*. Washington, DC: World Bank.

Dubini, P. (Ed.). (2004). *Lattrattività del sistema Paese. Profili territoriali e idealtipi per le imprese*. Milano: Il Sole 24 Ore.

Dubini, P. (Ed.). (2006). *Lattrattività del sistema Paese. Territori, settori, paese*. Milano: Il Sole 24 Ore.

Dziemianowicz, W., Łukomska, J., & Ambroziak, A. A. (2019). Location factors in foreign direct investment at the local level: the case of Poland. *Regional Studies*, 53 (8), 1183–1192. <https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1548762>.

Lee, K. (2016). The conceptualization of country attractiveness: a review of research. *International Review of Administrative Sciences*, 82 (4), 807–826.

Musolino, D. (2016). Lattrattività percepita di regioni e province del Mezzogiorno per gli investimenti produttivi. *Rivista Economica del Mezzogiorno*, 30 (1), 45–70.

Musolino, D., Meester, W., & Pellenbarg, P. H. (2022). Stated locational preferences of Italian entrepreneurs: the underlying location factors. *Regional Science Policy & Practice*, 14 (4), 1005–1021. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12500>.

Russo, A., Smith, I., Atkinson, R., Servillo, L., Madsen, B., & van der Borg, J. (2012). *ATTREG. The attractiveness of European regions and cities for residents and visitors*. Final report. Terragona: ESPON & University Rovira i Virgili.

Servillo, L., Atkinson, R., & Russo, A. P. (2012). Territorial attractiveness in EU urban and spatial policy: a critical review and future research agenda. *European Urban and Regional Studies*, 19 (4), 349–365. <https://doi.org/10.1177/0969776411434241>.

References

Baktizhanov, A. & Filin, S. (2001). Investitsionnaya privilekatel'nost' regiona: metodicheskie podkhody i otsenka [Regional investment attractiveness: methodological approaches and assessment]. *Investitsii v Rossii*, (5), 11–20. (In Russ.)

Ballotta, M. (2004). *Factors, actions and policies to determine the investment attractiveness of a territorial system*. WBI/PSD Investment Climate Seminar Series. Washington, DC: World Bank. Blank, I. A. (2009). *Osnovy investitsionnogo menedzhmenta* [Basics of investment management]. Saint Petersburg: Nika-Tsent, 537 pp. (In Russ.)

Dubini, P. (Ed.). (2004). *L'attrattività del sistema Paese. Profili territoriali e idealtipi per le imprese* [The attractiveness of the national system. Territorial profiles and ideal types for companies]. Milan: Il Sole 24 Ore. (In Ita.)

Dubini, P. (Ed.). (2006). *L'attrattività del sistema Paese. Territori, settori, paese* [The attractiveness of the national system. Territories, sectors, country]. Milan: Il Sole 24 Ore. (In Ita.)

Dziemianowicz, W., Łukomska, J. & Ambroziak, A. A. (2019). *Location factors in foreign direct investment at the local level: The case of Poland. Regional Studies*, 53(8), 1183–1192. <https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1548762> (In Eng.)

Glazunova, E. Z. & Zykova, E. N. (2018). Sravnitel'nyi analiz investitsionnoi privlekatel'nosti regionov Privolzhskogo federal'nogo okruga [Comparative analysis of the investment attractiveness of regions of the Volga Federal District]. *Vector ekonomiki*, 1, 31–31. (In Russ.)

Kovshun, Yu. A. & Kakaulina, M. S. (2010). Sravnitel'nyi analiz metodik opredeleniya investitsionnoi privlekatel'nosti regionov [Comparative analysis of methods for determining the investment attractiveness of regions]. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta*, 51, 102–109. (In Russ.)

Lee, K. (2016). The conceptualization of country attractiveness: A review of research. *International Review of Administrative Sciences*, 82(4), 807–826. (In Eng.)

Mashkin, V. A. (2009). Upravlenie investitsionnoi privlekatel'nost'yu real'nogo sektora ekonomiki regiona [Managing the investment attractiveness of the real sector of the region's economy]. *Sever promyshlennyi*, (9), 15–19. (In Russ.)

Musolino, D. (2016). L'attrattività percepita di regioni e province del Mezzogiorno per gli investimenti produttivi [The perceived attractiveness of regions and provinces of the Mezzogiorno for productive investments]. *Rivista Economica del Mezzogiorno*, 30(1), 45–70. (In Ita.)

Musolino, D., Meester, W. & Pellenbarg, P. H. (2022). Stated locational preferences of Italian entrepreneurs: The underlying location factors. *Regional Science Policy & Practice*, 14(4), 1005–1021. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12500> (In Eng.)

Polunin, L. V. (2014). Povyshenie pokazatelei investitsionnoi privlekatel'nosti regional'noi ekonomiki [Improving the indicators of investment attractiveness of the regional economy]. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy*, 1(59), 73–80. (In Russ.)

Roizman, I. D. (2009). Dinamika investitsionnoi privlekatel'nosti i investitsionnoi konkurentosposobnosti rossiiskikh regionov v srednesrochnoi perspektive [Dynamics of investment attractiveness and investment competitiveness of Russian regions in the medium term]. *Investitsii v Rossii*, (9), 3–14. (In Russ.)

Russo, A., Smith, I., Atkinson, R., Servillo, L., Madsen, B. & van der Borg, J. (2012). *ATTREG. The attractiveness of European regions and cities for residents and visitors. Final report*.

Servillo, L., Atkinson, R. & Russo, A. P. (2012). Territorial attractiveness in EU urban and spatial policy: A critical review and future research agenda. *European Urban and Regional Studies*, 19(4), 349–365. <https://doi.org/10.1177/0969776411434241> (In Eng.) Tarragona: ESPON & University Rovira i Virgili. (In Eng.)

Servillo, L., Atkinson, R. & Russo, A. P. (2012). Territorial attractiveness in EU urban and spatial policy: A critical review and future research agenda. *European Urban and Regional Studies*, 19(4), 349–365. <https://doi.org/10.1177/0969776411434241>

Tracenko, M. B. & Dzhunov, V. A. (2019). Otsenka investitsionnoi privlekatel'nosti regionov: kakaya metodika otvechaet interesam investora. *Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronny vestnik*, (76), 92–108. doi: 10.24411/2070-1381-2019-10005

Zabrovskaya, O. V. & Nadezhin, Yu. Yu. (2019). Metody otsenki investitsionnoi aktivnosti regiona [Methods for evaluating the investment activity of a region]. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*, 11(3), 18–27. <https://doi.org/10.17513/vael.921> (In Russ.)

Valinurova, L. S. (2012). *Organizatsiya investitsionnoi deyatel'nosti v otraslyakh promyshlennosti*: monografiya [Organization of investment activities in industrial sectors: Monograph]. Moscow: Paleotip, 124. (In Russ.)

Сведения об авторах

Сарвари Рената Джановна — магистр экономических наук, МВА, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой; <https://orcid.org/0000-0003-3001-1950> (Республика Беларусь, Витебская обл., г. Новополоцк, ул. Блохина, д. 29; e-mail: renata.sarvari@mail.ru).

Минич Светлана Владимировна — научный сотрудник, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; <https://orcid.org/0009-0004-1948-9640> (Республика Беларусь, г. Минск, ул. П. Бровки, д. 6; e-mail: imsvetam@mail.ru).

Renata D. Sarvary — Master of Economics; MBA, Euphrosyne Polotskaya state university; <https://orcid.org/0000-0003-3001-1950> (Republic of Belarus, Vitebsk region, Novopolotsk, Blokhin street, 29, e-mail: ivanov@www.ru).

Svetlana V. Minich — research fellow, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; <https://orcid.org/0009-0004-1948-9640> (Republic of Belarus, Minsk, P. Brovki St., 6, e-mail: imsvetam@mail.ru).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 331.1

JEL: E24, J24

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-21>

Взаимосвязь устойчивого развития и уровня развития человеческого капитала Урало-Сибирского макрорегиона в условиях цифровизации

О. П. Смирнова ^а, Л. К. Чеснюкова ^б

^а Институт экономики Уральского отделения РАН, (г. Екатеринбург, Россия).

^б Уральский государственный экономический университет (г. Екатеринбург, Россия).

^а <https://orcid.org/0000-0001-6965-8028>

^б <https://orcid.org/0000-0002-8867-9112>

Автор для корреспонденции: О. П. Смирнова (smirnova.op@uiec.ru).

Аннотация. В статье исследуется взаимосвязь экономического роста и уровня развития человеческого капитала в Урало-Сибирском макрорегионе в условиях цифровизации. Предметом исследования выступает влияние цифровых технологий на устойчивое развитие региона через призму человеческого капитала. Цель работы — определить ключевые факторы, способствующие экономическому росту и устойчивому развитию за счет инвестиций в человеческий капитал и цифровую инфраструктуру. В качестве гипотезы выдвинуто предположение о том, что интеграция цифровых решений в процессы формирования человеческого капитала существенно повышает конкурентоспособность макрорегиона. Методология исследования основана на анализе статистических данных и применении эконометрического моделирования для выявления влияния различных факторов на развитие региона. Полученные результаты подчеркивают важность интеграции цифровых решений в процессы формирования и совершенствования человеческого капитала для повышения конкурентоспособности макрорегиона в глобальной экономике.

Ключевые слова: макрорегион, человеческий капитал, цифровые технологии, устойчивое развитие

The relationship between sustainable development and the level of human capital development Ural-Siberian macroregion in the context of digitalization

O. P. Smirnova ^a, L. K. Chesnyukova ^b

^a Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, (Yekaterinburg, Russia).

^b Ural State University of Economics (Yekaterinburg, Russia).

^a <https://orcid.org/0000-0001-6965-8028>

^b <https://orcid.org/0000-0002-8867-9112>

Corresponding author: O. P. Smirnova (smirnova.op@uiec.ru).

Abstract. *The article examines the relationship between economic growth and the level of human capital development in the Ural-Siberian macroregion in the context of digitalization. The subject of the study is the impact of digital technologies on the sustainable development of the region through the prism of human capital. The aim of the work is to identify key factors contributing to economic growth and sustainable development through investments in human capital and digital infrastructure. As a hypothesis, it is suggested that the integration of digital solutions into the processes of human capital formation significantly increases the competitiveness of the macroregion. The methodology of the study is based on the analysis of statistical data and the use of econometric modeling to identify the impact of various factors on the development of the region. The results obtained emphasize the importance of integrating digital solutions into the processes of formation and improvement of human capital in order to increase the competitiveness of the macroregion in the global economy.*

Keywords: macro-region, human capital, digital technologies, sustainable development

Введение

Человеческий капитал в настоящее время считается ключевым элементом социально-экономического развития регионов и государства и является одним из важнейших ресурсов экономического роста. На региональном уровне управление человеческим капиталом рассматривается как приоритетная и многоплановая область политики, включающая координацию интересов разнообразных социально-экономических институтов, обеспечивающих институциональные и ресурсные условия для формирования, воспроизводства и развития человеческого капитала.

Цель исследования — оценка взаимосвязи между динамикой экономического роста и уровнем развития человеческого капитала в Урало-Сибирском макрорегионе. Методологическая база исследо-

вания включает результаты учёных-экономистов по проблемам человеческого капитала региона.

Обзор литературы

Представители уральской научной школы активно исследуют проблемы регионального экономического развития и устойчивости региональной экономической системы. В этом направлении представлены труды В.В. Акбердиной и О.А. Романовой (2022), Е.Г. Анимиды (2008), Ю.Г. Лавриковой (2024), А.И. Татаркина (2016), И.Д. Тургель и др.

Вопросам человеческого капитала посвящено большое число научных работ. Существенный вклад в определение сущности человеческого капитала, в формирование теоретических представлений о его структуре и свойствах внесли научные труды зарубежных ученых Г. Беккера (1990), Л. Вальраса, Дж. Мак-Куллоха, А. Маршалла, И. Фишера, Т. Шульца (Шульц, 1960) и др., а также отечественных исследователей С.Д. Бодрунова (2019), Е.С. Садовой (2018), Н.Г. Яковлевой.

Методические аспекты формирования и развития человеческого капитала в контексте регионального управления представлены в работах Э.М. Короткова (2004), П.В. Мельникова (2022), В.П. Смолькина (2020) и др.

Согласно исследованиям А.Д. Мухаметовой (2022) и Н.Ш. Розе (2018), критический уровень человеческого капитала является необходимым, но недостаточным фактором, способствующим экономическому росту. Эмпирические доказательства в работах Т.А. Бондарской (2015) и С.И. Вербицкой (2017), О.И. Германа и Т.В. Бобровской (Герман, 2019) свидетельствуют о том, что корреляция между накоплением человеческого капитала и экономическим ростом может быть более выраженной в регионах с низким и средним уровнем дохода, чем в регионах с высоким уровнем дохода.

Обсуждение и результаты

Влияние человеческого капитала на развитие региона представлено на рисунке 1.

Анализ динамики экономических показателей устойчивого развития регионов Урало-Сибирского макрорегиона за период с 2018 по 2024 гг. выявляет следующие тенденции. В целом в регионах наблюдаются положительная динамика, несмотря на краткосрочные колебания (рис. 2).

Анализ показывает, что преобладающая траектория развития регионов характеризуется необходимостью интенсификации стратегий устойчивого развития, преодоления краткосрочных спадов

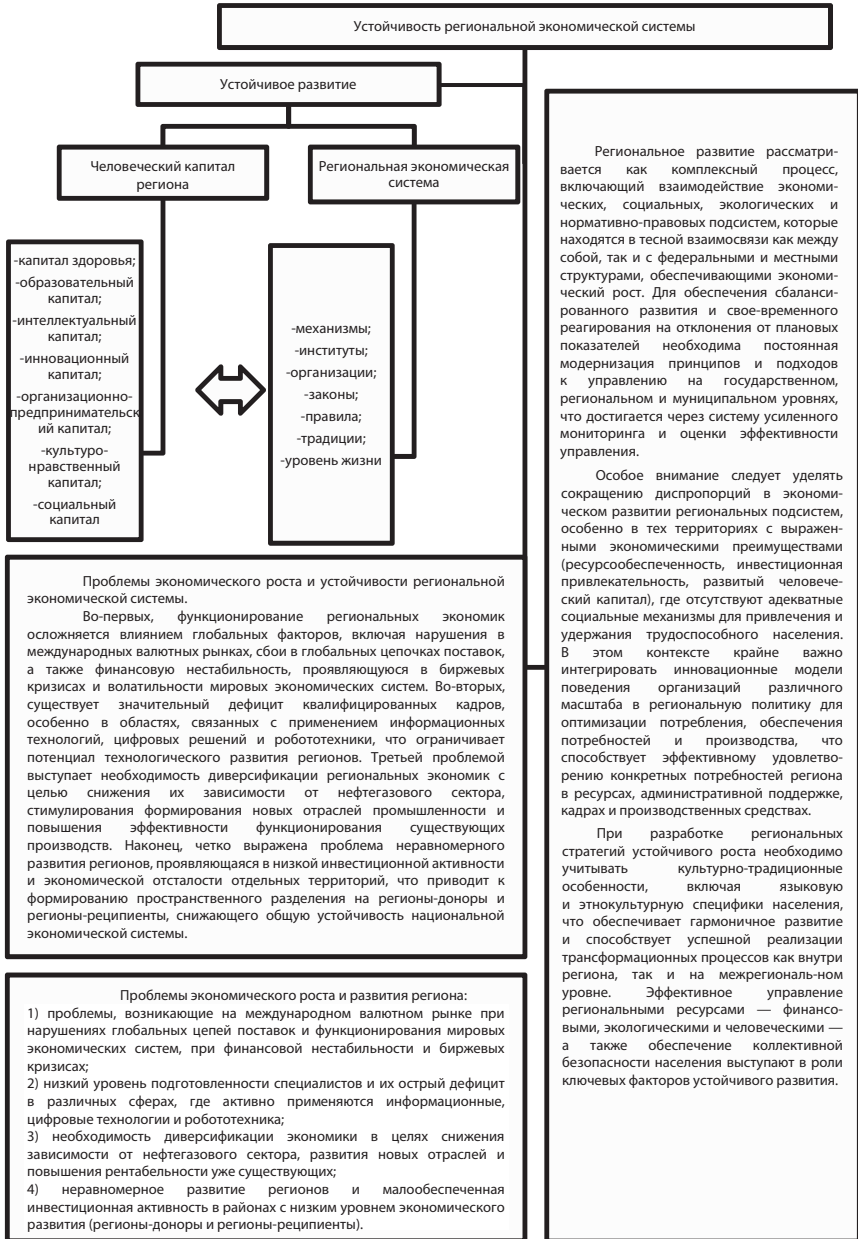


Рис. 1. Взаимозависимость человеческого капитала региона и устойчивости региональной экономической системы (источник: сост. авторами по (Кронара, 2023; Черненко, 2014))

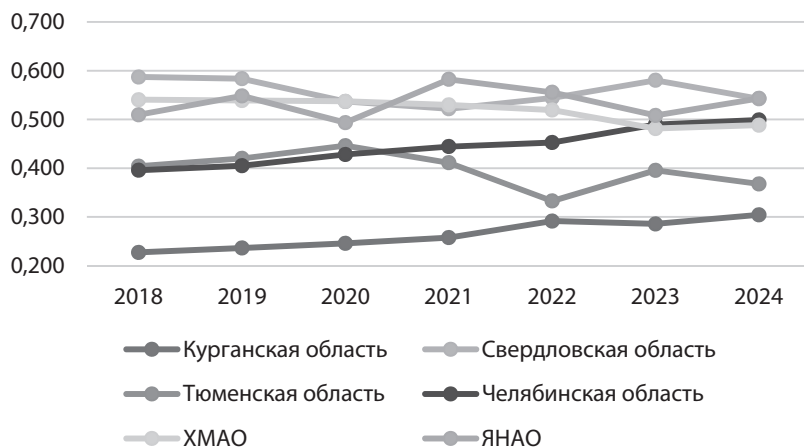


Рис. 2. Динамика интегрального индикатора устойчивого развития регионов, расположенных на территории Урало-Сибирского макрорегиона (источник: сост. авторами по: Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: Стат. сб. / Росстат. Москва, 1081)

и ориентации на обеспечение долгосрочной результативности социальных и экономических процессов.

Как видно из данных рисунка 3, за весь рассматриваемый период лидером среди регионов, расположенных на территории макрорегиона, по формированию человеческого капитала является Ямало-Ненецкий автономный округ, индекс формирования ЧК был минимальным в 2020 г., что было связано с пандемией COVID-19, однако в последующий период значение показателя возросло. Минимальные значения уровня формирования человеческого капитала на протяжении всего периода наблюдаются в Курганской области. Большая часть параметров, используемых для расчета базового уровня формирования человеческого капитала Курганской области, находятся в зоне риска, что говорит о незначительных вложениях в учреждения образования и здравоохранения, а также о плохих результатах в сфере качества и уровня жизни в связи с низкими доходами населения.

Наибольшее значение индекса «цифровые технологии» фиксируется в Свердловской (0,839) и Челябинской областях (0,715) (рис. 4). В остальных регионах отмечается среднее значение данного индикатора. Отметим, что во всех регионах, кроме Челябинской области, наблюдается положительная динамика изменения индекса. Применение цифровых технологий приводит к обновлению традиционного образовательного процесса и появлению новых форм

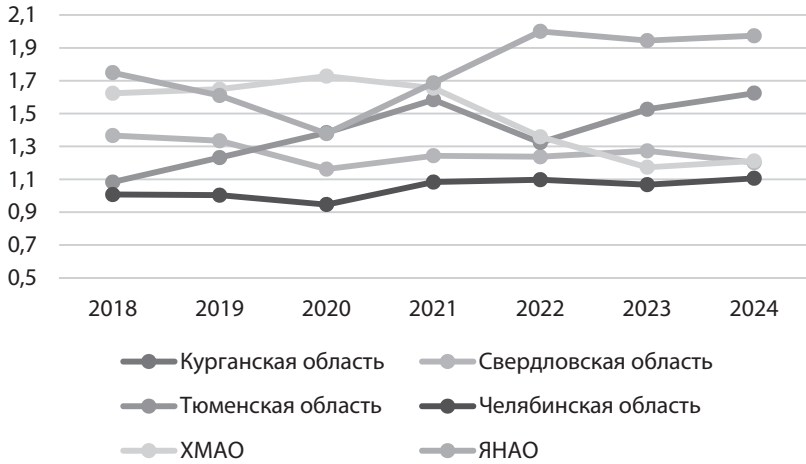


Рис. 3. Расчет уровня формирования человеческого капитала в регионах, расположенных на территории Урало-Сибирского макрорегиона в 2018–2024 гг. (источник: сост. авторами по Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: Стат. сб. / Росстат. Москва, 1081)

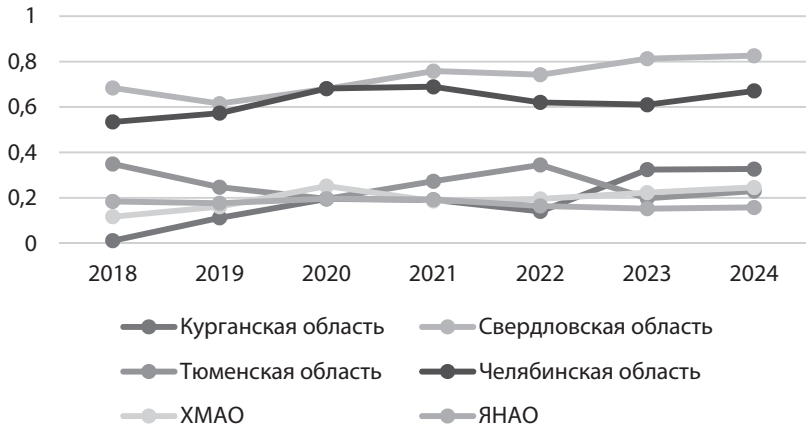


Рис. 4. Изменение статистических показателей «цифровые технологии» для регионов, расположенных на территории Урало-Сибирского макрорегиона за 2018–2024 гг. (источник: сост. авторами по Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: Стат. сб. / Росстат. Москва, 1081)

обучения, включая онлайн-образование или EdTech. До начала пандемии онлайн-образование в России стало одним из приоритетных направлений для инвестиций, входя в топ-5. В 2018 г. в России был

запущен национальный проект «Образование», в рамках которого был реализован федеральный проект «Цифровая образовательная среда». В декабре 2020 г. был запущен эксперимент по внедрению цифровой образовательной среды (ЦОС), который включал в себя обеспечение всех школ высокоскоростным доступом в Интернет. В условиях пандемии COVID-19 в России произошло значительное ускорение цифровизации среднего и высшего образования.

Информационные технологии оказывают значительное влияние на прогресс в области здравоохранения. Применение цифровых решений открывает двери к инновационным подходам в диагностике и терапии (например, компьютерная томография и 3D-протезирование), а также трансформирует структуру медицинской работы. Возникает уникальная отрасль — телемедицина, которая позволяет предоставлять медицинские услуги на удаленных расстояниях благодаря последним технологиям и специализированному оборудованию.

В результате проведенного исследования выделены четыре кластера (рис. 5), отражающие различные комбинации объёма человеческого капитала и уровней устойчивого развития регионов.

Наличие реперных регионов (кластер 1) свидетельствует о существовании синергии между инвестициями в человеческий капитал и достижением устойчивых социально-экономических результа-



Рис. 5. Оценка сопряженности между человеческим капиталом и условиями устойчивого развития регионов, расположенных на территории Урало-Сибирского макрорегиона (источник: сост. авторами)

тов; эти территории могут быть использованы как эталон для распространения успешных практик. Прямой зависимости между высоким уровнем человеческого капитала и устойчивостью не всегда достаточно — пример ЯНАО показывает, что высокий качественный потенциал кадров должен сопровождаться экономико-институциональными условиями для его реализации.

Группа с низкими показателями по обоим параметрам формирует зону особо повышенного риска: для этих регионов характерны ограниченные конкурентные преимущества и сниженная адаптивность к внешним шокам. Отсутствие кластерной категории «низкий человеческий капитал — высокий уровень устойчивого развития» указывает на то, что в исследуемой совокупности регионов устойчивость без развитого человеческого капитала практически не достигается, что подчёркивает важность человеческого фактора как базового ресурса устойчивости.

Рекомендации по стратегиям развития:

— для регионов кластера 1: закреплять достижения через институциональные реформы, поддерживать непрерывное обучение и инновационную активность, тиражировать успешные практики на другие территории;

— для региона кластера 2 (ЯНАО): концентрировать усилия на улучшении условий для применения квалифицированной рабочей силы — диверсификация экономики, развитие малого и среднего предпринимательства, создание стимулов для инвестиций в добавленную стоимость;

— для регионов кластера 3: приоритетные меры — целевые инвестиции в систему образования и профессиональной подготовки, программы переобучения, поддержка мобильности трудовых ресурсов и стимулирование частных инвестиций в человеческий капитал;

— для всех регионов: усилить систему мониторинга ключевых индикаторов человеческого капитала и устойчивого развития, внедрять адаптивные подходы планирования и оценивать эффективность интервенций в динамике.

Заключение

Проведённый анализ показал, что цифровизация выступает важным фактором, способствующим повышению качества человеческого капитала через улучшение доступа к образованию, профессиональному развитию и здоровью населения. Это в свою очередь создаёт предпосылки для устойчивого социально-экономического роста региона, снижая дисбалансы и усиливая конкурентоспособность.

Полученные результаты подтверждают необходимость комплексного подхода, направленного на интеграцию цифровых технологий в стратегию развития человеческого капитала как ключевого элемента достижения устойчивого развития Урало-Сибирского макрорегиона.

Благодарности

Исследование выполнено в соответствии с государственным заданием Института экономики УрО РАН.

Acknowledgements

The study was carried out in accordance with the state assignment of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for 2025–2026.

Список источников

Акбердина, В. В., Грошева, П. Ю., Смирнова, О. П., Пономарева, А. О. (2022). Влияние уровня развития человеческого капитала на эффективность экономики регионов: использование метода пространственной корреляции. *Региональная экономика: теория и практика*, 20(7), 1208–1234. <https://doi.org/10.24891/re.20.7.1208>.

Анимица, Е. Г., Сухих, В. А., Новикова, Н. В. (2008). Концептуальные установки, механизмы и методы регионального управления экономикой. *Регионоведение*, 4(65), 136–144. EDN JYVKTL.

Бодрунов, С. Д. (2019). К вопросу о ноономике. *Экономическое возрождение России*, 1, 4–8.

Бондарская, Т. А. (2015). Восстановление качественного человеческого капитала в регионах — главная цель современных реформ. *Социально-экономические явления и процессы*, 10(4), 13–16.

Вербицкая, С. И. (2017). Роль человеческого капитала в обеспечении устойчивого развития региональной экономики. *Успехи современной науки и образования*, 1(5), 45–49.

Герман, О. И. (2019). Развитие человеческого капитала как фактор обеспечения экономической безопасности. *Вестник евразийской науки*, 2. [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-chelovecheskogo-kapitala-kak-faktor-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti> (дата обращения: 01.09.2025).

Коротков, Э. М. (2004). *Концепция российского менеджмента*. Москва: ДеКА.

Кропина, А. Д. (2023). Человеческий капитал как фактор устойчивости региональной экономической системы. В *Новеллы права, образования, экономики и управления: Материалы IX Международной научно-практической конференции* (с. 325–328). Гатчина: Государственный институт экономики, финансов, права и технологий.

Лаврикова, Ю. Г., Бодрунов, С. Д., Акбердина, В. В., Коровин, Г. Б. (2024). Цифровая трансформация экономики: особенности индустриально развитых регионов. *Экономическое возрождение России*, 1(79), 5–24. DOI 10.37930/1990-9780-2024-1-79-5-24. EDN VFCFHX.

Мельников, П. В. (2022). Апробация методики комплексного анализа эффективности функционирования муниципального образования для целей развития человеческого капитала. *Вестник академии знаний*, 48, 214–223.

Мухаметова, А. Д. (2022). Специфика условий развития человеческого капитала региона в зависимости от типа региона. В *Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты: Сборник статей V Международной научно-практической конференции* (115–117). Новополоцк: Учреждение образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» Установа адукацыі «Полацкі дзяржаўны ўніверсітэт імя Еўфрасінні Полацкай».

Розе, Н. Ш. (2018). Модель эффективного взаимодействия структурных компонентов интеллектуального капитала на региональном уровне. *Экономика и управление: научно-практический журнал*, 1(139), 46–51.

Садовая, Е. С. (2018). Цифровая экономика и новая парадигма рынка труда. *Мировая экономика и международные отношения*, 62(12), 35–45. DOI 10.20542/0131-2227-2018-62-12-35-45

Смолюкин, В. П. (2020). *Государственное стратегическое управление человеческими ресурсами на региональном уровне*. Ульяновск: УлГУ, 170.

Татаркин, А. И., Бочко, В. С., Берсенева, В. Л. и др. (2016). *Проникая в будущее. Инновационный портрет Уральского мегарегиона*. Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 274. ISBN 978-5-94646-549-6. EDN XCXTLL.

Черненко, И. М. (2014). *Стратегическое управление человеческим капиталом промышленного предприятия: автореферат дис. ... кандидата экономических наук: 08.00.05*. Екатеринбург, 24.

Becker, G. (1990) Human capital, fertility and economic growth *Journal of Political Economy*, 98.

Schultz, T.W. (1960) Capital formation by Education. *Journal of Political Economy*, 68(6), 571–583.

References

Akberdina, V. V., Grosheva, P. Yu., Smirnova, O. P., Ponomareva, A. O. (2022). The influence of the level of human capital development on the efficiency of the regional economy: methods of spatial correlation using. *Regional Economics: theory and practice*, 20(7), 1208–1234. <https://doi.org/10.24891/re.20.7.1208>. (In Russ.)

Animitsa, E. G., Sukhov, V. A., Novikova, N. V. (2008). Conceptual attitudes, mechanisms and methods of regional economic management. *Regionology*, 4(65), 136–144. EDN DJVIKTL. (In Russ.)

Becker, G. (1990). Human capital, fertility and Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 98.

Bodrunov, S. D. (2019). On the issue of noonomics. *Economic Revival of Russia*, 1, 4–8. (In Russ.)

Bondarskaya, T. A. (2015). Restoration of high-quality human capital in the regions is the main goal of modern reforms. *Socio-economic phenomena and processes*, 10(4), 13–16. (In Russ.)

Chernenko, I. M. (2014). *Strategic human capital management of an industrial enterprise: abstract of the dissertation of the Candidate of Economic Sciences: 08.00.05. Yekaterinburg*, 24. (In Russ.)

Herman, O.I. (2019). Human capital development as a factor of ensuring economic security. *Bulletin of Eurasian Science*, 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-chelovecheskogo-kapitala-kak-faktor-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti> (accessed: 09.01.2025). (In Russ.)

Korotkov, E. M. (2004). *The concept of Russian management*. Moscow: DeCA. (In Russ.)

Kronina, A. D. (2023). Human capital as a factor of stability of the regional economic system. In *Novels of Law, Education, Economics and Management: Proceedings of the IX Scientific and Practical International Conference* (pp. 325–328). Gatchina: State Institute of Economics, Finance, Law and Technology. (In Russ.)

Lavrikova, Yu. G., Bodrunov, S. D., Akberdina, V. V., Korovin, G. B. (2024). Digital transformation of the economy: features of industrially developed regions. *Economic Revival of Russia*, 1(79), 5–24. DOI 10.37930/1990-9780-2024-1-79-5-24 (In Russ.)

Melnikov, P. V. (2022). Approbation of a methodology for a comprehensive analysis of the effectiveness of municipal education for the development of human capital. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 48, 214–223. (In Russ.)

Mukhametova, A. D. (2022). The specifics of the conditions for the development of human capital in the region, depending on the type of region. In *Sustainable economic development: international and national aspects: Collection of articles in the scientific and practical International Conference* (pp. 115–117). Novopolotsk: Educational Institution «Euphrosyne Polotsk Polotsk State University» The installation of adukacy «Polacki dzyarzhayny universitet ima Efrasinni Polackai». (In Russ.)

Rose, N. S. (2018). A model of effective interaction of structural components of intellectual capital at the regional level. *Economics and Management: a scientific and practical journal*, 1(139), 46–51.

Sadovaya, E.S. (2018). The digital economy and the new paradigm of the labor market. *World Economy and International Relations*, 62(12), 35–45. DOI 10.20542/0131-2227-2018-62-12-35-45. (In Russ.)

Schultz, T. U. (1960). Capital formation through education. *Journal of Political Economy*, 68(6), 571–583.

Smolkin, V. P. (2020). *State strategic management of human resources at the regional level*. Ulyanovsk: UIGU, 170. (In Russ.)

Tatarkin, A. I., Bochko, V. S., Bersenev, V. L. et al. (2016). *Penetrating into the future. An innovative portrait of the Ural megaregion*. Yekaterinburg: Publishing House of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 274. ISBN 978-5-94646-549-6. EDN XCXTLL. (In Russ.)

Verbitskaya, S. I. (2017). The role of human capital in ensuring the sustainable development of the regional economy. *Successes of modern science and education*, 1 (5), 45–49. (In Russ.)

Сведения об авторах

Смирнова Ольга Павловна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0001-6965-8028> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: smirnova.op@uiec.ru).

Чеснюкова Людмила Константиновна — старший преподаватель, Уральский государственный экономический университет; <https://orcid.org/0000-0002-8867-9112> (Российская Федерация, 620043, г. Екатеринбург, 8 Марта 62/ Народной воли, д. 45; e-mail: uvl70@yandex.com).

Ol'ga P. Smirnova — Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0000-0001-6965-8028> (Russian Federation, 620014, Yekaterinburg, Moskovskaya St., 29, e-mail: smirnova.op@uiec.ru).

Lyudmila K. Chesnyukova — Senior Lecturer, Ural State University of Economics; <https://orcid.org/0000-0002-8867-9112> (Russian Federation, 620043, Yekaterinburg, March 8 62/Narodnaya Volya, 45, e-mail: uvl70@yandex.com).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 330.342

JEL classification: O25, O33, R58

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-22>

Развитие малого бизнеса и предпринимательства в РФ в условиях промышленной трансформации: основные сценарии¹

Д. А. Сюсюра

Институт экономики УрО РАН, Оренбургский филиал (г. Оренбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0003-2711-2056>

Автор для корреспонденции: Д. А. Сюсюра (syusura.da@uiec.ru).

Аннотация. Происходящие институциональные преобразования в экономике РФ и экзистенциальная необходимость ускоренного обеспечения технологического суверенитета страны создали предпосылки для актуализации содержательного наполнения понятия «промышленность» и состава его структурных элементов. Цель настоящего исследования — раскрыть суть происходящих изменений в контексте повышения роли малого бизнеса в промышленной трансформации и цифровизации, формализовать основные сценарии дальнейшего встраивания малого бизнеса и предпринимательства в эти процессы, а также раскрыть риски реализации сценариев и возможные последствия.

Ключевые слова: промышленность, малый бизнес, встраивание, сценарии

Development of Small Business and Entrepreneurship in the Russian Federation in the Context of Industrial Transformation: Main Scenarios

D. A. Syusura

Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Branch
(Orenburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0003-2711-2056>

Corresponding author: D.A. Syusura (syusura.da@uiec.ru).

Abstract. The ongoing institutional transformations in the Russian Federation's economy and the existential need for accelerated technological sovereignty have created the preconditions for updating the content of the concept of «industry» and its structural elements. The purpose of this study is to reveal the essence of the ongoing changes in the context of increasing the role of small businesses in industrial transformation, to formalize the main scenarios for further integration of small businesses and entrepreneurship into these processes, and to identify the risks and potential consequences of these scenarios.

Keywords: industry, small business, build-in, scenarios

¹ © Сюсюра Д.А. Текст. 2026.

Введение

В исторической ретроспективе промышленность часто противопоставлялась ремесленничеству и малому предпринимательству, объективной основой чему служила необходимость привлечения крупного капитала для развёртывания промышленных мощностей. С ростом значения инноваций и знаний интеллектуальная составляющая всё больше стала восприниматься как соразмерная часть общего капитала, в т. ч. в сфере формирования основных фондов компаний, что особенно часто относится к объектам интеллектуальной собственности на цифровые решения. В сложившихся условиях малый бизнес и предпринимательство получили возможность не только полноценно включиться в состав цепочки создания ценности промышленной продукции, но и стать важной составной частью промышленности.

В этой связи в контексте исследования отношений малого бизнеса и промышленности возросла актуальность ревизии содержательного наполнения самого понятия «промышленность», а также уточнения векторов развития малого бизнеса и предпринимательства в ракурсе его растущей роли в трансформации промышленности.

Целью настоящей работы стало формирование вариативных сценариев встраивания малого бизнеса и предпринимательства в процессы дальнейшей трансформации промышленности РФ.

В рамках исследования мы опирались на объёмную статистическую базу и кейсы успешных практик малого бизнеса и предпринимательства, использовали общенаучные и специальные методы экономических исследований.

Обзор литературы

Технологические преобразования отраслей экономики оказывают существенное воздействие на изменения, происходящие в секторе малого бизнеса и предпринимательства во всём мире. Международные исследователи уделяют внимание оценкам таких изменений в контексте приоритетов устойчивого развития (Akpan & Ibidunni, 2023), эффектов от цифровизации (Lee et al., 2022) и цифровой трансформации (Eller et al., 2023), способности к внедрению передовых технологий (Akpan et al., 2022), анализа рентабельности технологических инвестиций (Pfister & Lehmann, 2024).

Российский малый бизнес не является исключением, он подвержен общемировым тенденциям технологических изменений с определёнными страновыми особенностями. Одной из таких особенностей является растущая роль малого бизнеса и предпринимательства в промышленной трансформации отечественной экономики.

Результаты исследования

В процессе эволюции средств и технологий промышленного производства в обществе менялось и представление о структурном содержании промышленности. Достаточно детально это отражено, например, в статье Г.В. Гловели¹. В условиях повышения технологической сложности средств производства, создаваемых и эксплуатируемых промышленностью, к самой промышленности целесообразно относить сектор сервиса, осуществляющий сопровождение, настройку, ремонт, восстановление и усовершенствование этих средств производства. Таким образом, на наш взгляд, современная промышленность — это совокупность хозяйственных отраслей, обеспечивающих производство, добычу и переработку сырья и материалов, энергии, создание средств производства и предметов конечного потребления, а также сервисное сопровождение эксплуатации и усовершенствования средств производства. С учётом разнообразия запросов на сервисное сопровождение и деловой целесообразности в узкой специализации, а также высокой скорости адаптации к изменяющейся среде и внешним вызовам, компании, на практике функционирующие в сервисном секторе промышленности, часто имеют малые формы хозяйствования. Среди направлений деятельности таких компаний: цифровые и программно-аппаратные решения, компьютерное моделирование, проектирование и разработка новых или усовершенствованных орудий труда, приборов, материалов и пр.

Фактическим ответом на объективные изменения, связанные с технологической трансформацией промышленности, стало выделение в структуре экономики России с 2023 г.² субъектов особого класса — малых технологических компаний, которые демонстрируют опережающий рост³ по сравнению с остальным малым и средним отечественным бизнесом. Следует отметить, что динамика доходов субъектов малого бизнеса и предпринимательства в РФ, относимых к видам деятельности, связанным с промышленностью, является также опережающей (табл. 1).

¹ Гловели, Г. Д. (2025). Промышленность. Большая российская энциклопедия [Электронный ресурс]. <https://old.bigenc.ru/economics/text/3180227> (дата обращения: 12.09.2025).

² О развитии технологических компаний в Российской Федерации (2023). Федеральный закон № 478-ФЗ от 04.08.2023 [Электронный ресурс]. <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202308040087> (дата обращения: 11.06.2025).

³ Министерство транспорта РФ (2025). Малые технологические компании развиваются в 2 раза быстрее при господдержке. Официальный сайт. 02.09.2025 [Электронный ресурс]. <https://mintrans.gov.ru/press-center/branch-news/7661> (дата обращения: 14.09.2025).

Таблица 1
Динамика доходов малого бизнеса и предпринимательства в РФ, млрд руб.

| По видам деятельности | Значение показателя по годам | | | | | 2024 г. к 2019 г. |
|--|------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| | 2019 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | |
| <i>Оборот малых предприятий (включая микропредприятия)</i> | | | | | | |
| Связанные с промышленностью | 11224,6 | 13858,8 | 16151,2 | 19152,3 | 23354,9 | в 2,1 раза |
| темп роста, % | 99,7 | 123,5 | 116,5 | 118,6 | 121,9 | — |
| доля в общем обороте малых предприятий, % | 21,2 | 24,2 | 26,5 | 28,6 | 29,7 | + 8,5 % |
| Остальные виды деятельности | 41739,3 | 43338,4 | 44795,4 | 47872,3 | 55281,7 | в 1,3 раза |
| темп роста, % | 99,3 | 103,8 | 103,4 | 106,9 | 115,5 | — |
| <i>Выручка предпринимателей</i> | | | | | | |
| Связанные с промышленностью | 1330,4 | 2163,5 | 2660,1 | 3521,8 | 4570,0 | в 3,4 раза |
| темп роста, % | 127,3 | 162,6 | 123,0 | 132,4 | 129,8 | — |
| доля в общей выручке предпринимателей, % | 8,0 | 10,4 | 11,0 | 12,3 | 13,2 | + 5,2 % |
| Остальные виды деятельности | 15394,9 | 18682,3 | 21475,6 | 25064,8 | 29952,5 | в 1,9 раза |
| темп роста, % | 110,3 | 121,4 | 115,0 | 116,7 | 119,5 | — |

Источник: рассчитано автором по: Оборот (без НДС, акцизов и аналогичных обязательных платежей) малых предприятий (включая микропредприятия) по видам экономической деятельности и субъектам Российской Федерации (с 2011 г.). [Электронный ресурс]. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Oborot_malcmik_2024.xlsx (дата обращения: 18.09.2025); Объем выручки (с учетом налогов и аналогичных обязательных платежей) от продажи товаров, продукции, работ, услуг по видам экономической деятельности и субъектам Российской Федерации (с 2008 г.) [Электронный ресурс]. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/viryчка_ip_2024.xlsx (дата обращения: 18.09.2025).

Анализ данных, представленных в таблице 1, позволяет сделать обоснованные выводы, что с 2019 г. оборот малых предприятий, связанных с промышленностью, вырос более чем в 2,1 раза, при этом ежегодно его темп роста превышал оборот малых компаний остальных видов деятельности на 6–13 %. В предпринимательстве — разрыв более существенный, предприниматели-промышленники увеличили доходы в 3,4 раза, в то время как остальные — в 1,9 раза. Отметим, что в рассматриваемом периоде доля оборота промыш-

**Изменение численности субъектов МСП в РФ по категориям
(2019–2024 гг.)**

| Субъекты хозяйственной деятельности | Всего | | По категориям | | |
|-------------------------------------|-------|---------|---------------|-------------|---------------|
| | % | Ед. | микро, % | малые, % | средние, % |
| Малые и средние предприятия | –11,3 | –284302 | –12,3 | –2,3 | +20,9 |
| Индивидуальные предприниматели | +23,8 | +810289 | +23,8 | +21,5 | +71,3 |

Источник: рассчитано автором по: Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства. Федеральная налоговая служба РФ [Электронный ресурс]. <https://ofd.nalog.ru/index.html> (дата обращения: 12.08.2025).

ленных малых предприятий приблизилась к 30 % в общем объёме оборота малых предприятий (из них около половины — обрабатывающие производства). Для малого бизнеса, ориентированного в первую очередь на удовлетворение базовых потребностей населения (массовый сегмент), такая доля промышленного сегмента является существенной, при этом выявленная тенденция роста указанной доли является достаточно устойчивой.

В целом это положительно сказывается на развитии малого и среднего предпринимательства (МСП) в РФ, обеспечивая его структурное преобразование. Изменение численности субъектов МСП по категориям представлено в таблице 2.

В структуре МСП растёт сегмент средних предприятий (табл. 2), но в относительном выражении их численность существенно уступает малым предприятиям (включая микро). По состоянию на конец 2024 г. это соотношение составляло 1:109 по юридическим лицам-субъектам МСП и 1:8017 по предпринимателям. Происходит изменение отраслевой структуры малого бизнеса, где особенно выделяются:

— рост доли обрабатывающих производств (в микропредприятиях — в 2 раза (до 12,4 %), в малых предприятиях — в 1,6 раза (до 18,2 %), что близко к целевому ориентиру Стратегии¹ (20 % к 2030 г.);

— существенное снижение доли торговли в структуре оборота, в т. ч. в микро — на 1/5; в малых предприятиях — почти на 1/4.

¹ Распоряжение Правительства РФ от 2 июня 2016 г. № 1083-р «О Стратегии развития малого и среднего предпринимательства в РФ на период до 2030 г. и плане мероприятий («дорожной карте») по её реализации» [Электронный ресурс]. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71318202/#1000> (дата обращения: 02.10.2025).

Оба явления объяснимы. В традиционном массовом сегменте малый бизнес и предпринимательство сталкиваются с ограничениями роста, связанными с естественными причинами: снижение численности населения в периферийных регионах, а также инфляционные процессы не способствуют повышению платежеспособного спроса на потребительские товары. При этом именно динамика численности населения региона присутствия имеет определяющее значение для роста на локальном (местном) рынке, на который в первую очередь и ориентируются предприниматели (Сюсюра, 2025).

В этих условиях спрос на индивидуальные технологические решения и сервис, формируемый в результате трансформации промышленности, создаёт для малого бизнеса новые возможности для входа с низкими барьерами, связанными, в первую очередь, с востребованными компетенциями, клиентоориентированностью и высокой скоростью деловой реакции на происходящие изменения.

Таковы основные результаты развития малого бизнеса и предпринимательства в 2019–2024 гг., которые послужили в нашем исследовании базой для разработки сценариев его дальнейшего встраивания в процессы трансформации промышленности РФ на среднесрочную перспективу. В 2025 г. в мире продолжается реформатирование глобальных экономических отношений, изменяющее движение товарных цепочек, усиливаются внешнеэкономические ограничения, в т. ч. направленные на выстраивание новых технологических барьеров. В России остаётся высокой стоимость привлечения инвестиционных денежных средств на внутреннем финансовом рынке (более 16 %¹), рынок труда находится в состоянии ограниченного предложения рабочей силы, прорабатываются государственные инициативы по изменению налогообложения малого бизнеса и предпринимательства².

Сформировавшиеся условия и предпосылки определяют, на наш взгляд, приоритетное выделение следующих трёх основных сценариев дальнейшего встраивания малого бизнеса и предпринимательства в процессы трансформации промышленности (табл. 3).

В целом в перспективе до 2030 г. мы позитивно оцениваем возможности достижения доли обрабатывающих производств в малом

¹ Ключевая ставка Банка России. Официальный ресурс Банка России [Электронный ресурс]. https://cbr.ru/hd_base/KeyRate/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.From=01.01.2020&UniDbQue (дата обращения: 08.10.2025).

² Повышение ставки НДС до 22 %, пересмотр порога доходов по УСН и другое: обзор поправок. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. <https://www.consultant.ru/legalnews/29652/> (дата обращения: 05.10.2025).

**Основные сценарии встраивания малого бизнеса
и предпринимательства в процессы трансформации промышленности**

| Сценарии | Условия и формы проявления | Механизмы | |
|--|--|--|---|
| | | Промышленность | Малый бизнес и предпринимательство |
| 1. Расширение промышленной кооперации | Рост численности малых предприятий и предпринимателей, связанных с промышленностью, увеличение их продуктовой и сервисной линейки | Увеличение объёмов закупок у малых форм без введения дополнительных требований к их квалификации. Снижение корпоративных барьеров для входа в промышленную кооперацию для малых форм | Расширение линейки продуктов и сервисов для промышленных компаний-заказчиков, в т. ч. за счёт использования высокой оперативности в решении логистических задач |
| 2. Углубление промышленной кооперации и специализация на приоритетных секторах | Сохранение (+/-) численности малых предприятий и предпринимателей, связанных с промышленностью, сопровождаемое дальнейшим опережающим ростом их доходов по сравнению с массовым сегментом за счёт углубления специализации | Выделение (создание) промышленным предприятием дочерних малых компаний с привлечением в менеджмент своего персонала | Укрепление станочной и инструментальной базы, привлечение высококвалифицированного персонала с компетенциями промышленного сервиса, в т. ч. из научно-исследовательской среды |
| 3. Консолидация малых форм сервисного сектора промышленности | Сокращение численности малых предприятий и предпринимателей, сопровождающееся продолжением развития их бизнеса в составе более крупных хозяйственных форм в промышленности | Вхождение крупных промышленных компаний в состав учредителей малых форм (поглощение), их последующая докапитализация и включение в группы компаний холдингов | Получение грантовой государственной поддержки на укрупнение (слияние) бизнеса и его консолидацию (для субъектов МСП в одной товарной цепочке) |

Источник: сост. автором.

бизнесе значения 20 % при всех вышеуказанных сценариях, что обусловлено объективной необходимостью укрепления технологического суверенитета с опорой на внутренние ресурсы.

На практике сценарий № 1 постепенно будет уступать место сценариям № 2 и № 3. Операторами процессов, заложенных в сценарии, выступают в первую очередь: Минпромторг РФ, Агентство технологического развития, Фонд национальной технологической инициативы, Центр поддержки инжиниринга и инноваций. Основным инструментарий — платформа ГИСП (Государственная информационная система промышленности), платформа корпорации МСП, система зонтичного кредитования и поручительства (Гарантийные фонды), грантовая государственная система РФ. Критические технологии, приращения в которых повышают вероятность реализации сценариев промышленного встраивания для каждого конкретного субъекта малого предпринимательства: технологии искусственного интеллекта, новые материалы, новые источники энергии.

Потенциальные риски замедления роста доходов промышленно ориентированных малых форм с возможным переходом к их сокращению могут быть связаны:

- с резким снижением объёмов промышленного производства в стране в целом, что маловероятно на фоне растущего внутреннего спроса на отечественную промышленную продукцию;

- достижением критического дефицита доступной по цене инвестиционной и финансовой поддержки со стороны институтов развития и банковского сектора;

- проявлением кризиса компетенций, вызванного дефицитом кадров инженерно-технических специальностей в различных продуктовых нишах.

Вышеуказанные риски являются преодолимыми при условии оперативного и точного реагирования со стороны регуляторов (в лице государственных институтов), а также согласования усилий государства, крупного бизнеса и предпринимательского сообщества на основе экосистемного подхода.

В целом реализация каждого из сценариев встраивания малого бизнеса и предпринимательства в процессы дальнейшей трансформации промышленности РФ способствует опережающему росту доходов первого. Это в свою очередь благоприятствует достижению целевого показателя национального проекта «Эффективная и конкурентная экономика» по обеспечению к 2030 г. реального роста дохода на одного работника субъекта МСП в 1,2 раза выше, чем рост валового внутреннего продукта.

Заключение

Институциональные и технологические изменения, цифровая трансформация в экономике РФ создали предпосылки для актуализации понятия «промышленность», которое в современной интерпретации должно включать в себя, наряду с традиционными отраслями и видами деятельности, деятельность по сервисному сопровождению эксплуатации и усовершенствования средств производства. В настоящей статье представлена актуализированная формулировка понятия «промышленность», что является научным приращением.

По объективным причинам институциональный состав сектора промышленности РФ, обеспечивающего сервисное сопровождение эксплуатации и усовершенствование средств производства, представлен в т. ч. малыми формами хозяйствования, включая предпринимателей.

В составе малых форм хозяйствования промышленно ориентированные демонстрируют в последние годы опережающий рост доходов, что свидетельствует об их востребованности и коммерческой успешности. Именно данные хозяйствующие субъекты формируют основу для опережающего роста всего сектора МСП в РФ на среднесрочную перспективу.

В представленном исследовании впервые смоделированы основные сценарии встраивания малого бизнеса и предпринимательства в процессы дальнейшей трансформации промышленности РФ, раскрыты формы их проявления и механизмы реализации. Дана оценка рисков, способных стать препятствием для практического воплощения сценариев.

Благодарности

Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием Минобрнауки России для ФГБУН Института экономики УрО РАН на тему FUWS-2024-0021: Методология функционирования и взаимодействия отраслевых и региональных экономических и логистических систем в условиях цифровой трансформации бизнеса.

Acknowledgements

The article was prepared in accordance with the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences on the topic FUWS-2024-0021: Methodology for the functioning and interaction of sectoral and regional economic and logistics systems in the context of digital transformation of business.

Список источников

Сюсюра, Д. А. (2025). Малое и среднее предпринимательство в РФ: факторы развития и возможности достижения цели 2030 г. *Вестник Евразийской науки*, 17(3) [Электронный ресурс]. <https://esj.today/PDF/01ECVN325.pdf> (дата обращения: 14.09.2025).

Akpan, I. J., Ibidunni, A. S. (2023). Digitization and technological transformation of small business for sustainable development in the less developed and emerging economies: a research note and call for papers. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 35(5), 671–676.

Akpan, I. J., Udoh, E. A. P., Adebisi, B. (2022). Small business awareness and adoption of state-of-the-art technologies in emerging and developing markets, and lessons from the COVID-19 pandemic. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 34(2), 123–140.

Eller, R., Kronenberg, C., Peters, M. (2023). Digital transformation in small and medium-sized enterprises: business model innovation and information technology adoption — the case of Austria. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 48(3), 318–342.

Lee, Y. Y., Falahat, M., Sia, B. K. (2024). Digitalisation and internationalisation of SMEs in emerging markets. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 45(3), 334–354.

Pfister, P., Lehmann, C. (2024). Digital value creation in German SMEs — a return-on-investment analysis. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 36(4), 548–573.

Pfister, P., Lehmann, C. (2023). Returns on digitisation in SMEs — a systematic literature review. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 35(4), 574–598.

References

Akpan, I. J., Ibidunni, A. S. (2023). Digitization and technological transformation of small business for sustainable development in the less developed and emerging economies: a research note and call for papers. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 35(5), 671–676.

Akpan, I. J., Udoh, E. A. P., Adebisi, B. (2022). Small business awareness and adoption of state-of-the-art technologies in emerging and developing markets, and lessons from the COVID-19 pandemic. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 34(2), 123–140.

Eller, R., Kronenberg, C., Peters, M. (2023). Digital transformation in small and medium-sized enterprises: business model innovation and information technology adoption — the case of Austria. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 48(3), 318–342.

Lee, Y. Y., Falahat, M., Sia, B. K. (2024). Digitalisation and internationalisation of SMEs in emerging markets. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 45(3), 334–354.

Pfister, P., Lehmann, C. (2024). Digital value creation in German SMEs — a return-on-investment analysis. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 36(4), 548–573.

Pfister, P., Lehmann, C. (2023). Returns on digitisation in SMEs — a systematic literature review. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 35(4), 574–598.

Syusura, D. A. (2025). Maloye i sredneye predprinimatelstvo v RF: faktory razvitiya i vozmozhnosti dostizheniya tseli 2030 g. *Vestnik Evraziyskoy nauki. [Small and Medium-Sized Businesses in the Russian Federation: Factors of Development and Opportunities for Achieving the 2030 Goal // Bulletin of Eurasian Science.]*, 17(3). <https://esj.today/PDF/01ECVN325.pdf> (accessed: 14.09.2025) (In Russ.).

Сведения об авторе

Сюсюра Дмитрий Александрович — доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Оренбургский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экономики Уральского отделения Российской академии наук; <https://orcid.org/0000-0003-2711-2056> (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, д. 11; e-mail: syusura.da@uiec.ru).

Dmitry A. Syusyura — Doctor of Economics, Associate Professor, Leading Researcher, Orenburg Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0000-0003-2711-2056> (460000, Orenburg, Russian Federation, 11 Pionerskaya Street; e-mail: syusura.da@uiec.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 338.2, 65.011.56, 658.5.011
JEL classification: B50, D81, M10
<https://doi.org/10.17059/dti-2025-23>

Анализ цифровой трансформации отраслей промышленности Пермского края в условиях Индустрии 4.0¹

А. Г. Ташкинов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермский завод «Машиностроитель» (г. Пермь, Россия).

<https://orcid.org/0000-0001-6248-8441>

Автор для корреспонденции: А. Г. Ташкинов (alekss.perm@gmail.com).

Аннотация. *Цель исследования — провести анализ внедрения цифровых технологий на предприятиях региона, выявления ключевых тенденций, проблем и определения перспективных направлений для дальнейшей поддержки. Методологической основой исследования являются общенаучные методы. Исследование проводилось среди 45 промышленных предприятий Пермского края с общим объемом выборки 68 % от общего промышленного производства региона. В качестве результатов исследования осуществлена систематизация технологических укладов при решении проблем в отраслях промышленности. Выявлена отраслевая специфика предприятий Пермского края. Проведенный анализ в условиях Индустрии 4.0 с 2020 по 2025 годы выявил ряд ключевых тенденций, проблем и возможностей. Автором предложены пути решения проблем. Полученные данные могут быть использованы предприятиями Пермского края для реализации стратегии цифровой трансформации.*

Ключевые слова: анализ, отрасли промышленности, предприятия Пермского края, технологический уклад, цифровая трансформация, цифровые технологии

¹ © Ташкинов А.Г. Текст. 2026.

Analysis of the digital transformation of industrial sectors in the Perm region in the context of Industry 4.0.

A. G. Tashkinov

Perm National Research Polytechnic University, Perm Plant «Mashinostroitel» (Perm, Russia).

<https://orcid.org/0000-0001-6248-8441>

Corresponding author: A.G. Tashkinov (alekss.perm@gmail.com).

Abstract. *The objective of the study is to analyze the implementation of digital technologies at regional enterprises, identify key trends and challenges, and identify promising areas for further support. The primary methodological approach utilizes general scientific methods. The study was conducted among 45 industrial enterprises in the Perm Krai, with a sample size of 68 % of the region's total industrial output. The study systematized technological paradigms for addressing industry challenges and identified industry-specific characteristics of Perm Krai enterprises. The analysis, conducted within the context of Industry 4.0 for the period from 2020 to 2025, revealed a number of key trends, challenges, and opportunities. The author proposed solutions in the study. The data obtained from the study can be used by Perm Krai enterprises to implement their digital transformation strategy.*

Keywords: analysis, industries, enterprises of Perm Krai, technological structure, digital transformation, digital technologies

Введение

В настоящее время Правительством Пермского края принимаются шаги для развития цифровой трансформации. Данные мероприятия выполняются с целью обеспечения реализации указов Президента РФ от 07 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», в соответствии с пунктом 2 перечня поручений по итогам конференции по искусственному интеллекту, утвержденного Президентом Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № Пр-2242.

В связи с вышеперечисленной законодательной базой, Правительством Пермского края на заседании Координационного совета по развитию цифровой экономики Пермского края от 16.08.2021 г. № 125-гс утверждена стратегия цифровой трансформации до 2030 г., которая распространяется на отрасли экономики, социальную сферу и государственное управление Пермского края¹.

¹ Стратегия в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Пермского края от 16.08.2021 № 125-гс.

Так, можно говорить о положительной динамике использования информационных технологий по промышленно развитым субъектам РФ, в т. ч. Пермского края. Например, в одном из исследований проведен анализ, который показал, что за период с 2010 по 2022 гг. использование организациями широкополосного Интернета возросло по экономике РФ в целом с 56,7 до 74,1 %, по таким индустриально развитым регионам, как Тульская область, — с 51,8 до 73,4 %, Липецкая область — с 54,6 до 84,8 %, Вологодская область — с 46,8 до 75,5 %, Республика Татарстан — с 63,8 до 70,1 %, Удмуртская Республика — с 63 до 78,2 %, Пермский край — с 58,3 до 78,7 %, Свердловская область — с 67,3 до 79,4 %, Омская область — с 47,0 до 82,5 % (Акбердина, 2024).

В то же время в период с 2010 по 2023 гг. в промышленности России стали преобладать отрицательные тенденции по отдельным показателям цифровой трансформации. Так, удельный вес организаций, использовавших персональные компьютеры, снизился с 97 % в 2010 г. до 84,8 % в 2023 г. По показателю использования организациями специальных программных средств произошло снижение с 89,1 % до 67,9 % за тот же период. Доля организаций, использовавших Интернет, снизилась с 93,2 % до 84,3 %, однако при этом доля промышленных организаций, использующих широкополосный доступ, возросла с 56,7 % до 74,1 %. Как следует из приведенных данных, необходимо активизировать реализацию процессов цифровизации экономики России (Акбердина, 2024).

Учитывая данные анализа, необходимо отметить, что некоторые отрасли промышленности не в полной мере готовы к цифровой трансформации, росту цифровой зрелости. Данные проблемы заключаются в том, что на реализацию проектов цифровой трансформации выделяется недостаточно финансирования. На ряде предприятий Пермского края отсутствуют руководители, обладающие необходимыми знаниями, цифровыми компетенциями, связанными с реализацией стратегии цифровой трансформации.

Для перехода на новый уклад предприятиям требуются новые подходы, методологии, стратегии. Ведь не только от готовности самих организаций зависит уровень цифровой зрелости, иногда организации просто вынуждены использовать «лоскутные» решения и созданные под свои задачи информационные системы для цифровизации различных стадий жизненного цикла. Эти меры вынуждают предприятия использовать свои системы ввиду отсутствия комплексных отечественных решений, функционально сопоставимых зарубежным аналогам (Ташкинов, 2025).

Исходя из этого, цифровая трансформация является ключевым фактором повышения конкурентоспособности, производительности и устойчивости промышленного комплекса Пермского края в условиях Индустрии 4.0. Таким образом, создание аналитической базы цифровой трансформации отраслей промышленности Пермского края, анализ стартовых условий отраслей, определение приоритетных направлений развития, исследование факторов успеха цифровой трансформации в отрасли являются важными вопросами для изучения и рассмотрения.

Учитывая эту позицию, в статье представлен анализ в разрезе отраслей промышленности Пермского края. Для выполнения задач, изложенных в исследовании, мы проведем тщательный обзор литературы, относящейся к теме исследования. Основываясь на этом научном дискурсе:

- мы представим систематизацию технологических укладов при решении проблем в отраслях промышленности;
- рассмотрим отраслевую специфику предприятий Пермского края;
- представим анализ проблем в условиях Индустрии 4.0 с 2020 по 2025 гг.;
- предложим пути решения проблем для предприятий Пермского края.

Обзор литературы

Для общего понимания цифровой трансформации предприятия, представим авторские точки зрения использования цифровой трансформации в различных отраслях промышленности.

Так, например, авторы (Гузикова и др., 2023) в своем исследовании изучают феномен цифровой трансформации в энергетической отрасли как изменение ментальной модели, включающее три основных направления: во-первых, переопределение бизнес-модели и бизнес-процессов; во-вторых, изменение заинтересованных сторон и их потребностей, требующее их точного определения; в-третьих, правильное использование новых технологий. Переосмысление бизнес-модели и перепроектирование процессов является обязательным условием успеха цифровой трансформации, а недооценка важности этого условия часто становится и фактором неудачи при переходе к использованию новых технологий.

Н.С. Мрочковский и соавторы (Мрочковский и др., 2019) исследуют цифровую трансформацию в различных отраслях промышленности, которая, по их мнению, представляет собой интеграцию

цифровых технологий для оптимизации и улучшения бизнес-процессов.

Н.А. Логинов и Е.В. Будрина (2023) представляют современный обзор цифровой трансформации в морской логистике, который подтверждает значительный потенциал этих технологий для трансформации отрасли. Ряд инноваций, такие как RFID, Интернет вещей (IoT), специальное ПО и блокчейн, значительно упрощающий взаимодействие между всеми каналами логистической цепочки, уже активно внедряются в портовую инфраструктуру и логистические операции, демонстрируя весомые преимущества в улучшении прозрачности, эффективности и безопасности грузоперевозок.

Ряд авторов предлагают проводить цифровую трансформацию в нефтегазовом секторе с использованием новейших информационных решений, технологий дополненной и виртуальной реальности, Интернета вещей и искусственного интеллекта (Ивановский и др., 2021).

В других исследованиях показаны основные преимущества цифровой платформы в инновационном промышленном кластере, которые включают: повышение эффективности бизнес-процессов, улучшение взаимодействия между участниками кластера, расширение границ рынка и создание новых возможностей для сотрудничества и инноваций. Прежде всего цифровая платформа способствует созданию новых рабочих мест и привлечению инвестиций. Благодаря ей компании имеют возможность предлагать новые продукты и услуги, основанные на инновационных технологиях, что способствует росту конкурентоспособности и приносит экономические выгоды. Кроме того, формирование цифровой платформы позволяет сократить издержки и оптимизировать производственные процессы за счет автоматизации и цифровизации (Бабкин и др., 2020). Это повышает производительность и качество продукции, а также снижает риски и улучшает управление ресурсами.

В.В. Акбердина и С.Г. Пьянкова (2021) в своей работе предлагают рассматривать три ключевых методологических подхода: процессный подход — анализ создания ценности в производственных процессах; технологический подход — исследование цифровых технологий и их кластеров; отраслевой подход — изучение рынков и их перспектив.

Что касается отраслевой специфики и ограничений, В.В. Кобзев и соавторы (2022) изучают влияние внешних ограничений на цифровую трансформацию, анализирует адаптационные механизмы

промышленности, а также исследуют новые модели развития в условиях ограничений при реализации цифровой трансформации.

Таким образом, создание теоретической базы цифровой трансформации, анализ авторских подходов к цифровой трансформации в отрасли являются важными для экономики отраслей промышленности.

Все эти исследователи вносят существенный вклад в формирование целостного понимания процессов цифровой трансформации промышленности, разрабатывая как теоретические основы, так и практические инструменты внедрения цифровых технологий в производственный сектор.

Методы исследования

Теоретико-методологической базой данного исследования является аналитический подход, синтезирующий стратегическое целеполагание и технологическую реализацию цифровой трансформации. Для его обоснования применялся комплекс общенаучных и теоретических методов: методы теоретического уровня, дедукция и индукция. Дедуктивный метод применялся для выведения частных, конкретных принципов формирования проектов из общих теорий цифровой трансформации и концепции Индустрии 4.0. Индуктивный метод использовался для обобщения разрозненных практических кейсов и статистических данных.

Для проведения критического анализа цифровой трансформации предприятий Пермского края (2020–2025 гг.) использовалась информация, полученная на основе отчета Министерства промышленности, предпринимательства и торговли Пермского края.

Результаты

С учетом представленного литературного обзора и на фоне усиления давления со стороны клиентов и правительств всё более актуальным становится вопрос рассмотрения технологических укладов (ТУ) при решении проблем развития отраслей промышленности. Всё это требует учета наложения укладов, разной скорости их внедрения в отраслях и влияния глобальных шоков (пандемия, геополитика).

Принимая во внимание данное положение, рассмотрим концепцию технологических укладов. С.Ю. Глазьев ввел и детализировал понятие технологический уклад (ТУ) — совокупность технологически сопряженных производств, образующих целостную воспроизводящуюся систему. С его точки зрения, большие циклы Кондратьева — это процесс смены доминирующих технологических укладов.

Каждый новый цикл начинается, когда новый пакет инноваций становится доступным и экономически востребованным.

В литературе отмечается, что теории, подобные концепции С.Ю. Глазьева, зачастую носят объяснительный, а не прогнозный характер. Они прекрасно описывают смену укладов постфактум, но их использование для точного проектирования будущего ограничено (Глазьев и др., 2015; Кондратьев, 2017).

Для раскрытия данного вопроса рассмотрим ретроспективу по годам, представим основные ТУ, проблемы, фокус, современные тренды для отраслей промышленности. Систематизируем технологические уклады при решении проблем в отраслях промышленности с 2021–2025 гг. (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что ключевые технологические уклады (2020–2025 гг.):

– ТУ-4 (Индустриальный, Электроника, АСУ ТП): основа для нефтехимии, значительной части машиностроения и авиадвигателей (производственные линии);

– ТУ-5 (Цифровой, IT, сети, Интернет): доминирующий для IT-отрасли, активно внедряется во все остальные (IIoT, облачные решения, Big Data, цифровые платформы);

Таблица 1

Систематизация технологических укладов при решении проблем в отраслях промышленности с 2021–2025 гг.

| Отрасль | 2020–2021 гг. (пандемия, начало перелома) | 2022–2023 гг. (геополитический шок, адаптация) | 2024–2025 гг. (форсированная трансформация, фокус на ТУ-6) | доминирующие ТУ (2020–2025 гг.) |
|----------------|---|---|---|--|
| Машиностроение | ТУ-4: автоматизация базовых процессов. ТУ-5: пилотные проекты цифровых двойников, Интернет вещей. Проблемы: разрывы цепочек, дефицит компонентов. | ТУ-5: массовый переход на цифровое проектирование (CAD/CAE), внедрение Интернета вещей для мониторинга оборудования. ТУ-6: испытания 3D-печати для оснастки, запчастей. Фокус: импортозамещение, локализация. | ТУ-5: стандарт для управления жизненным циклом (PLM). ТУ-6: внедрение аддитивных технологий в серию, композитные материалы, ИИ для прогноза отказов. Тренд: гибкие, «умные» производства. | ТУ-4 -> ТУ-5 (основа), ТУ-6 (НИОКР, рыночные ниши) |

Продолжение табл. 1 на след. стр.

| Отрасль | 2020–2021 гг. (пандемия, начало перелома) | 2022–2023 гг. (геополитический шок, адаптация) | 2024–2025 гг. (форсированная трансформация, фокус на ТУ-6) | доминирующие ТУ (2020–2025 гг.) |
|-----------------------|---|--|--|--|
| Авиадвигателестроение | <p>ТУ-4/5: Высокий уровень автоматизации производства, цифровые симуляции.</p> <p>ТУ-6: НИОКР по новым материалам (керамика, композиты), гибридным установкам.</p> <p>Проблемы: «заморозка» сотрудничества, доступ к технологиям.</p> | <p>ТУ-5: ускорение разработки цифровых двойников двигателей.</p> <p>ТУ-6: фокус на импортозамещение материалов и комплектующих, адаптация существующих платформ.</p> <p>Фокус: обеспечение сервиса существующего парка.</p> | <p>ТУ-6: прорывные проекты (полностью отечественные) с новыми материалами, элементами гибридизации. ИИ для оптимизации горения, снижения шума.</p> <p>Тренд: «зеленые двигатели (водород).</p> | <p>ТУ-4/5 (цифровое производство), ТУ-6 (ключ для будущего, НИОКР)</p> |
| Нефтехимия | <p>ТУ-4: основа процессов (АСУ ТП).</p> <p>ТУ-5: внедрение систем оптимизации энергопотребления, цифровизация логистики.</p> <p>Проблемы: волатильность цен на сырье, спрос.</p> | <p>ТУ-5: активное внедрение Big Data для прогнозирования спроса, оптимизации цепочек поставок.</p> <p>ТУ-6: пилотные проекты по «зеленой» химии, переработке отходов в сырье.</p> <p>Фокус: глубокая переработка, экспорт.</p> | <p>ТУ-5: цифровые двойники НПЗ для оптимизации.</p> <p>ТУ-6: Коммерциализация биополимеров, химической переработки пластиковых отходов (рециклинг).</p> <p>Тренд: циркулярная экономика.</p> | <p>ТУ-4 (база), ТУ-5 (оптимизация), ТУ-6 («зеленый» переход)</p> |

Окончание табл. 1 на след. стр.

Окончание табл. 1

| Отрасль | 2020–2021 гг. (пандемия, начало перелома) | 2022–2023 гг. (геополитический шок, адаптация) | 2024–2025 гг. (форсированная трансформация, фокус на ТУ-6) | доминирующие ТУ (2020–2025 гг.) |
|------------|---|--|--|--|
| IT-Отрасль | ТУ-5: взрывной рост спроса на облачные решения, удаленные решения, кибербезопасность. ТУ-6: развитие ИИ (ML/DL), блокчейн. Проблемы: миграция сервисов, дефицит кадров. | ТУ-5: консолидация платформ, развитие цифровых моделей. ТУ-6: массовое внедрение ИИ в бизнес-процессы (аналитика, автоматизация), квантовые вычисления (эксперименты). Фокус: суверенные решения, импортозамещение ПО. | ТУ-6: генеративный ИИ как сервис, интеграция (AIoT). Развитие отечественных аппаратных платформ. Тренд: глубокая персонализация, автономные системы. | ТУ-5 (доминирует), ТУ-6 (стремятельное внедрение ИИ) |

Источник: сост. автором.

— ТУ-6 (Нано-, био-, ИИ, новые материалы, «зеленая» энергетика): формирующийся, элементы проникают во все отрасли, особенно в НИОКР (новые материалы, аддитивные технологии, ИИ в разработке, биотех в нефтехимии).

Если говорить по скорости перехода и решения проблем через ТУ, то картина выглядит следующим образом:

— IT-отрасль: максимальная скорость. ТУ-5 — основа бизнеса, ТУ-6 внедряется агрессивно (особенно ИИ). Проблемы решаются через технологии новых укладов;

— машиностроение: средняя / высокая скорость в сегментах точного и среднего машиностроения. Цифровизация (ТУ-5) — ключевой инструмент решения проблем логистики, качества, импортозамещения. ТУ-6 — в пилотных проектах;

— нефтехимия: средняя скорость. ТУ-5 для оптимизации — приоритет. ТУ-6 («зеленая» химия, рециклинг) — стратегический ответ на экологические вызовы и запросы рынка, но внедрение требует огромных инвестиций и времени;

— авиадвигателестроение: наименьшая скорость (из-за сверхдлительных циклов, сертификации, высоких рисков). ТУ-4/5 обеспечивают текущее производство. ТУ-6 абсолютно критичен для прорыва и решения проблемы технологической независимости.

сти, но коммерциализация новых решений (материалы, гибриды) выходит за рамки 2025 г.

На основе сравнительного анализа можно говорить о том, что все отрасли функционируют в условиях наложения 4-5-6 ТУ. Доля и значимость каждого уклада варьируется.

ИТ-отрасль как интегратор и драйвер развития цифровой трансформации: ТУ-5 (цифровые технологии) стали сквозным инструментом для решения проблем во всех отраслях (оптимизация, контроль, новые сервисы). ТУ-6 в ИТ-отрасли (ИИ) стал драйвером изменений цифровой трансформации и для других секторов.

Для авиадвигателестроения и нефтехимии (в ответ на «зеленую» трансформацию и изоляцию), а также для машиностроения (новые материалы, аддитивные технологии) освоение элементов ТУ-6 — ключ к конкурентоспособности и выживанию в долгосрочной перспективе, но массовое внедрение запаздывает.

Пандемия и геополитика резко ускорили внедрение ТУ-5 (цифровизация, удаленная работа) и актуализировали разработку в рамках ТУ-6 (импортозамещение критических технологий).

Анализируемый период ярко показал разную скорость адаптации отраслей.

Так, например, адаптируется мгновенно, машиностроение и нефтехимия — с усилиями, авиадвигателестроение — крайне инерционно из-за технологической сложности и регулирования.

Отсюда следует, что динамика цифровизации значительно различается. Химический сектор, нефтепереработка, добыча сырья имеют свои преимущества при цифровой трансформации.

В то же время предприятия Пермского края считаются сегодня инновационно развитыми. Это говорит о том, что они активно вкладываются в развитие цифровой экономики и выходят на рынок со своими высокотехнологичными изделиями, такие как перспективный двигатель ПД-8, ПД-14, ПД-35 (Ташкинов, 2025).

Для определения отраслевой специфики, представим в таблице 2 анализ ключевых особенностей основных отраслей промышленности Пермского края.

Анализ показывает, что переход к Индустрии 4.0 в Пермском крае имеет ярко выраженную отраслевую специфику и сопряжен с рядом вызовов:

— технологические лидеры — наиболее яркие примеры внедрения передовых технологий Индустрии 4.0, таких как аддитивные технологии и цифровые двойники, наблюдаются в высокотехноло-

Таблица 2

**Анализ ключевых особенностей основных отраслей промышленности
Пермского края**

| Отрасль | Ключевые особенности в условиях Индустрии 4.0 | Примеры предприятий и цифровых технологий в Пермском крае |
|---------------------------|---|---|
| Машиностроение | Цифровизация и сетевая интеграция оборудования; автоматизация и роботизация; обработка больших данных (Big Data); производство с использованием современных материалов (углепластик) | «Пермский завод «Машиностроитель». Производство авиационной продукции нефтепромыслового, горно-шахтного и бурового оборудования. Внедрение стандартов Индустрии 4.0 для устранения «узких мест» в производственных цепочках |
| Авиадвигателестроение | Активное использование аддитивных технологий (3D-печать); создание и применение цифровых двойников; внедрение сервисных моделей по принципу «оплата за результат» (например, за отработанный моточас) | «ОДК-Авиадвигатель», «ОДК-Пермские моторы». Разработка и производство двигателя ПД-8, ПД-14, ПД-35 включая 3D-печать компонентов; программа фирменного ремонтно-технического обслуживания на весь жизненный цикл |
| Нефтяная промышленность | Использование Интернета вещей для мониторинга оборудования и сбора данных; предиктивная аналитика для предотвращения сбоев; автоматизированные системы управления добычей и транспортировкой | Добывающая компания «Лукойл — Пермь». Опыт эксплуатации ГТУ на попутном нефтяном газе, требующий автоматизированного контроля |
| Химическая промышленность | Внедрение киберфизических систем для управления сложными химико-технологическими процессами; автоматизация и оптимизация производственных циклов в реальном времени | Производство калийных удобрений («Уралкалий», Березники, Соликамск), азотных удобрений («Минеральные удобрения», Пермь), продукция нефтегазохимии («Сибур-Химпром») |
| ИТ-отрасль | Разработка решений для больших данных (Big Data), облачных вычислений, интеллекта; обеспечение кибербезопасности для промышленных сетей; создание платформ для Интернета вещей и цифровых двойников | Стратегические сессии и демо-дни Индустриального центра компетенций «Двигателестроение», проводимые в Перми и направленные на развитие цифровых технологий в отрасли |

Источник: сост. автором.

гичном авиадвигателестроении (ОДК-Авиадвигатель, ОДК-Пермские моторы);

— вызовы для машиностроения: пермские машиностроительные предприятия сталкиваются с проблемами при внедрении Индустрии 4.0, такими как неготовность систем управления к изменениям и недостаточная эффективность существующих процессов («Пермский завод «Машиностроитель»);

— нефтедобывающая и химическая отрасли, являющиеся фундаментом экономики Пермского края, обладают значительным потенциалом для внедрения Интернета вещей и предиктивной аналитики.

Стоит отметить, что в данном случае при переходе предприятий Пермского края на цифровую трансформацию недостаточно уделяется внимание таким вопросам, которые напрямую связаны с эффективными методами управления предприятием, в т. ч. адаптивное управление предприятием в условиях Индустрии 4.0 (Ташкинов, 2025).

Проведенный анализ цифровой трансформации предприятий Пермского края в условиях Индустрии 4.0 с 2020 по 2025 гг. выявил ряд ключевых тенденций, проблем и возможностей¹.

Ниже представлена детальная таблица 3 с критическим анализом, а также предложенные пути решения выявленных проблем.

Критический анализ показывает, что в начале периода (2020–2022 гг.) лишь около пятой части промышленных компаний региона начали активную цифровую трансформацию, в то время как более половины (52 %) не рассматривали ее как приоритет. В 2025 г. ожидается рост вовлеченности до 30–35 %, однако разрыв между крупными корпорациями (такими как ЛУКОЙЛ) и малыми и средними предприятиями Пермского края остается значительным. Крупные предприятия обладают ресурсами для масштабных проектов, в то время как средние предприятия сталкиваются с финансовыми и кадровыми ограничениями.

Затраты на первоначальное внедрение цифровых решений были высокими, особенно в таких сложных проектах, как создание цифровых двойников. В 2025 г. компании, успешно внедрившие цифровые инструменты, демонстрируют снижение операционных затрат

¹ Анализ в работе составлен на основе отчёта Министерства промышленности, предпринимательства и торговли Пермского края «О состоянии цифровой трансформации предприятий Пермского края за 2024 год» [Электронный ресурс]. <https://mpt.permkrai.ru/documents/otrasli-promyshlennosti/tsifrovaya-transformatsiya/> (дата обращения: 07.07.2025).

Критический анализ цифровой трансформации предприятий Пермского края (2020–2025 гг.)

| Аспект анализа | 2020–2022 гг. (Исходное состояние) | 2023–2025 гг. (Текущее состояние и прогноз) | Критические проблемы / Ограничения |
|--------------------------------|--|--|---|
| 1. Вовлеченность предприятий | 20–22 % промпредприятий начали цифровую трансформацию. Крупные компании (ЛУКОЙЛ, ЕвроХим) активны. | Рост до 30–35 % к 2025 г. (прогноз). 52 % компаний всё еще не считают цифровизацию приоритетом. | Низкая вовлеченность предприятий из-за высокой стоимости и недостатка кадров. Неравномерность развития между крупными и малыми предприятиями. |
| 2. Инвестиции и затраты | Высокие затраты на внедрение (например, создание цифровых двойников). | Снижение операционных затрат на 10–15 % у внедривших компаний. Затраты на импортозамещение увеличились на 20–30 %. | Недоступность глобальных технологий и необходимость импортозамещения. Высокая стоимость отечественных аналогов и их внедрения. |
| 3. Технологические решения | Внедрение IoT, AI и цифровых двойников (ЛУКОЙЛ). Пилотные проекты роботизации (ЕвроХим). | Массовое внедрение AI (точность до 90 % в прогнозировании). Развитие предиктивной аналитики (вибродиагностика). | Нехватка данных для обучения AI (особенно в машиностроении). Слабая интеграция между системами. |
| 4. Кадровый потенциал | Нехватка квалифицированных кадров (особенно в AI и big data). | Создание центров компетенций. Развитие образовательных программ (Пермский край). | Дефицит специалистов в регионах. Сопротивление сотрудников изменениям. |
| 5. Экономическая эффективность | Снижение затрат на 20–30 % запланировано к 2030 г. (ЛУКОЙЛ). | Рост производительности труда на 15–20 % у внедривших компании. Снижение простоев оборудования на 25–30 %. | Недостаточная оценка ROI у 52 % компаний. Долгий срок окупаемости проектов (3–5 лет). |

Окончание табл. 3 на след. стр.

| Аспект анализа | 2020–2022 гг. (Исходное состояние) | 2023–2025 гг. (Текущее состояние и прогноз) | Критические проблемы / Ограничения |
|----------------------------|--|---|---|
| 6. Отраслевая специфика | Нефтегазовый сектор лидирует (ЛУКОЙЛ). Обрабатывающая промышленность отстает. | Рост цифровизации в здравоохранении и ЖКХ. Металлообработка: внедрение предиктивного обслуживания. | Разрозненность данных в машиностроении (ПЗ «Машиностроитель»). Низкая цифровая зрелость предприятий. |
| 7. Инфраструктура и данные | Создание цифровых платформ (например, «Диспетчер» в Ростехе) (ОДК-Авиадвигатель», ОДК-Пермские моторы», ПЗ «Машиностроитель»). | Развитие платформенных решений (к 2025 г. охват до 40 % предприятий). Нехватка данных для AI в металлообработке. | Низкое качество данных и их фрагментированность. Кибербезопасность и защита данных. |

Источник: сост. автором.

на 10–15 %. Однако санкционное давление и необходимость импортозамещения привели к росту затрат на закупку и внедрение отечественных решений на 20–30 %. Это создает дополнительное финансовое бремя для предприятий.

Внедрение технологий Индустрии 4.0, таких как промышленный интернет, искусственный интеллект и цифровые двойники, изначально было сосредоточено в пилотных проектах (например, роботизация у ЕвроХима). В 2025 г. ИИ активно используется для прогнозной аналитики с точностью до 90 % (например, прогнозирование поломок оборудования). Критической проблемой остается нехватка данных для обучения AI-моделей, особенно в таких отраслях, как машиностроение, где предприятия неохотно делятся данными.

Нехватка квалифицированных специалистов в области AI, больших данных и кибербезопасности была и остается серьезным вызовом. Для решения этой проблемы крупные компании создают внутренние центры компетенций, а регион развивает образовательные программы. Однако сохраняется сопротивление сотрудни-

ков изменениям и дефицит кадров в регионах, что замедляет темпы трансформации.

Что касается экономической эффективности, то ожидается, что к 2030 г. внедрение цифровых решений позволит снизить затраты на 20–30 %. Уже в 2025 г. компании отмечают рост производительности труда на 15–20 % и снижение простоев оборудования на 25–30 % благодаря предиктивному обслуживанию. Однако 52 % компаний не измеряют возврат на инвестиции (ROI) от цифровизации, а срок окупаемости проектов остается длительным (3–5 лет), что затрудняет обоснование дальнейших вложений.

В отраслевой специфике нефтегазовый сектор (представленный ЛУКОЙЛом) является лидером цифровизации. Обрабатывающая промышленность, в частности металлообработка, отстает от разрозненности данных и низкой цифровой зрелости. Значительный прогресс наблюдается в социальной сфере: в здравоохранении внедрена Единая информационная система (ЕИСЗ), обрабатывающая сотни миллионов документов, развиваются проекты в ЖКХ и транспорте («умный город»).

Если говорить об инфраструктуре и данных, то развитие цифровых платформ (таких как «Ростеха») является ключевым трендом. Ожидается, что платформенными решениями будут охвачены до 40 % предприятий ОДК-Авиадвигатель», ОДК-Пермские моторы, Пермский завод «Машиностроитель». Однако низкое качество данных, их фрагментированность и проблемы цифровых предприятий в киберфизическом мире остаются серьезными барьерами для создания эффективных экосистем данных, особенно в отраслях с низкой цифровой зрелостью. (Ташкинов, 2024).

Для решения выявленных проблем мы предлагаем следующие пути решения проблем.

1. Создание образовательных программ.

Предприятия совместно с вузами (например, ПНИПУ, филиал ВШЭ и др.) должны осуществлять подготовку специалистов в области ИИ, Big Data и кибербезопасности. Предприятия могут предпринять переподготовку сотрудников через корпоративные программы обучения (по модели центров компетенций в промышленности).

2. Реализация программ с участием государственно-частного партнерства.

Разработать программы государственно-частного партнерства и предоставить целевые субсидии, налоговые льготы и гарантии по кредитам для предприятий на внедрение цифровых решений.

Создать отраслевые пилотные проекты с последующим тиражированием успешных практик.

3. Создание данных и инфраструктуры.

Развивать отраслевые платформы для безопасного обмена данными между предприятиями (с соблюдением требований кибербезопасности) для преодоления проблемы их недостатка, особенно в машиностроении. Внедрять стандарты качества данных и проводить их аудит.

4. Повышение осведомленности и измерение эффективности.

Проводить регулярные отраслевые конференции и воркшопы (по модели стратегической сессии в Пермском крае) для демонстрации успешных кейсов и ROI цифровизации. Разработать методики и инструменты для быстрой оценки экономической эффективности цифровых проектов.

5. Импортозамещение и технологическая независимость.

Активно внедрять отечественные разработки (такие как «Диспетчер ТОиР» и платформы Ростеха) и поддерживать локальных IT-разработчиков. Создать региональные кластеры для совместной разработки и тестирования цифровых решений.

6. Укрепление цифровой культуры.

Внедрять программы изменений, направленные на преодоление сопротивления сотрудников. Поощрять инновации и эксперименты внутри компаний. Развивать систему «цифровых помощников» для госслужащих и сотрудников предприятий.

Следуя данному пути, предприятиям Пермского края необходимо менять характер своей сложившейся работы, изменять стратегию и планы под новые требования, диктуемые новыми вызовами, трендами цифровой экономики.

Заключение

Отметим, что цифровая трансформация предприятий Пермского края демонстрирует положительную динамику, но остается неравномерной. Реализация предложенных мер позволит ускорить процесс, сократить разрыв между отраслями и повысить общую конкурентоспособность региона в условиях Индустрии 4.0. Для перехода на новый ресурсный уклад необходимо устранить ключевые проблемы, такие как дефицит кадров, фрагментированность данных и неравномерность инвестиций. Реализация предложенных мер позволит ускорить цифровизацию, повысить производительность и обеспечить устойчивый рост промышленности в условиях Индустрии 4.0.

Цифровая трансформация промышленности Пермского края требует консолидированных усилий законодательной, исполнительной власти, бизнеса и высших образовательных учреждений. Реализация предложенных мер позволит сократить цифровое неравенство и повысить глобальную конкурентоспособность промышленного комплекса региона.

Список источников

Акбердина, В. В. (ред.) (2024). *Промышленные платформы и экосистемы*. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 278.

Акбердина, В. В., Пьянкова, С. Г. (2021). Методологические аспекты цифровой трансформации промышленности. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 227(1), 292–313.

Бабкин, А. В. (Ред.) (2020). *Цифровизация экономических систем: теория и практика*. Санкт-Петербург: Издательство СПбПУ, 795.

Глазьев, С. Ю. (2011). Сесть на гребень новой волны. *Однако*, 32, 21–24.

Гринина, Л. Е., Коротаева, А. В., Бондаренко, В. М. (Ред.) (2017). *Кондратьев Н. Д.: кризисы и прогнозы в свете теории длинных волн. Взгляд из современности*. Москва: Моск. ред. изд-ва «Учитель», 384.

Гузикова, Л. А., Суржанинов, А. Г., Шахбази, А. С. (2023). Цифровые инструменты повышения энергоэффективности регионов. В *Интеллектуальная инженерная экономика и индустрия 5.0 (ИНПРОМ)*. Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции (с. 188–191). Санкт-Петербург.

Ибраимова, С. С., Горуновский, Г. П. (2015). Перспективы седьмого технологического уклада в России и за рубежом. *Научно-аналитический журнал «Наука и практика» Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова*, 4(20), 56–63.

Ивановский, В. Н., Сабиров, А. А., Деговцов, А. В. и др. (2021). Повышение эффективности добычи нефти за счет внедрения элементов цифровизации. *Нефтяное хозяйство*, (7), 118–124.

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

Логинов, Н. А., Будрина, Е. В. (2023). Блокчейн как инструмент интеграции различных сфер экономической деятельности // *Экономика. Право. Инновации*, (2), 55–64. DOI 10.17586/2713-1874-2023-2-55-64

Мрочковский, Н. С., Ляндау, Ю. В., Пушкин, И. С., Кривоногов, Е. А. (2019). Основные тенденции цифровой трансформации бизнеса. *Экономика и предпринимательство*, 4(105), 89–91.

Ташкинов, А. Г. (2024). Анализ уникальных особенностей цифровых предприятий в киберфизическом мире. В *Цифровая трансформация про-*

мышленности: тенденции, управление, стратегии: сборник научных статей (с. 317–331). Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2024.

Ташкинов, А. Г. (2025). Цифровизация отраслевой экономики и современные тренды развития промышленности. *Международная экономика*, 22(5), 422–432. doi.org/10.33920/vne-04-2505-05

References

Akberdina, V. V. (Ed.) (2024). *Promyshlennye platformy i ekosistemy [Industrial Platforms and Ecosystems]*. Ekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN, 278. (In Russ.)

Akberdina, V. V., P'yankova, S. G. (2021). Metodologicheskie aspekty cifrovoy transformacii promyshlennosti. [Methodological aspects of the digital transformation of industry]. *Nauchnyyetrudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii*, 227(1), 292–313. (In Russ.)

Babkin, A. V. (Ed.) (2020). *Cifrovizaciya ekonomicheskikh sistem: teoriya i praktika [Digitalization of economic systems: theory and practice]*. Sankt-Peterburg, Izdatel'stvo SPbPU, 795. (In Russ.)

Glaz'ev, S. (2011). Sest' na greben' novej volny [Ride the crest of a new wave]. *Odnako*, 32, 21–24. (In Russ.)

Grinina, L. E., Korotaeva, A. V., Bondarenko, V. M. (Ed.) (2017). *Kondrat'ev N.D.: krizisy i prognozy v svete teorii dlennykh voln. Vzglyad iz sovremennosti [crises and forecasts in the light of the theory of long waves. A view from the present]*. Moscow: Mosk. red. izd-va «Uchitel'», 384 p. (In Russ.)

Guzikova, L. A., Surzhaninov, A. G., Shahbazi, A. S. (2023). Cifrovye instrumenty povysheniya energoeffektivnosti regionov [Digital tools for improving the energy efficiency of regions] V sbornike: *Intellektual'naya inzhenernaya ekonomika i industriya 5.0 (INPROM). Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* (pp. 188–191). Sankt-Peterburg. (In Russ.)

Ibraimova, S. S., Gorunovskij, G. P. (2015). Perspektivy sed'mogo tekhnologicheskogo uklada v Rossii i za rubezhom [Prospects of the seventh technological order in Russia and abroad]. *Nauchno-analiticheskij zhurnal «Nauka i praktika» Rossijskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova*, 4(20), 56–63 (In Russ.)

Ivanovskij, V. N., Sabirov, A. A., Degovcov, A.V., et al. (2021). Povyshenie effektivnosti dobychi nefi za schet vnedreniya elementov cifrovizacii [Improving the efficiency of oil production through the introduction of digitalization element]. *Neftyanoe hozyajstvo*, 7, 118–124. (In Russ.)

Kobzev, V. V., Babkin, A.V., Skorobogatov, A. S. (2022). Cifrovaya transformaciya promyshlennykh predpriyatij v usloviyah novej real'nosti [Digital transformation of industrial enterprises in the new reality]. *π-Economy*, 15(5), 7–27. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.15501 (In Russ.)

Loginov, N. A. (2023). Blokchejn kak instrument integracii razlichnykh sfer ekonomicheskoy deyatel'nosti [Blockchain as a tool for integrating various areas of economic activity]. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*, 2, 55–64. DOI 10.17586/2713-1874-2023-2-55-64. (In Russ.)

Mrochkovskij, N. S., Lyandau, Yu. V., Pushkin, I. S., Krivonogov, E. A. (2019). Osnovnye tendencii cifrovoj transformacii biznesa [Main trends in digital business transformation] *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 4 (105), 89–91. (In Russ.)

Tashkinov, A. G. (2024). Analiz unikal'nyh osobennostej cifrovyyh predpriyatij v kiberfizicheskom mire. [Analysis of the unique characteristics of digital enterprises in the cyber-physical world]. *Cifrovaya transformaciya promyshlennosti: tendencii, upravlenie, strategii: sbornik nauchnyh statej* (pp. 317–331). Ekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN (In Russ.)

Tashkinov, A. G. (2025). Cifrovizaciya otraslevoj ekonomiki i sovremennye trendy razvitiya promyshlennosti [Digitalization of the sectoral economy and current industrial development trends]. *Mezhdunarodnaya ekonomika*, 22 (5), 422–432. doi: org/10.33920/vne-04-2505-05. (In Russ.)

Сведения об авторе

Ташкинов Алексей Григорьевич — кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики управления промышленным производством, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; начальник Координационно-методического центра внедрения цифровой экономики УИТ, Пермский завод Машиностроитель; <https://orcid.org/0000-0001-6248-8441> (614990, Россия, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, д. 29; Пермь, ул. Новозыгинская, д. 57; e-mail: alekss.perm@gmail.com).

Aleksey G. Tashkinov — PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics of Industrial Production Management, Perm National Research Polytechnic University Perm, Russian Federation. Head of the Coordination and Methodological Center for the Implementation of the Digital Economy of the UIT, Perm Plant Mashinostroitel; <https://orcid.org/0000-0001-6248-8441> (Komsomolsky Prospekt 29, Perm, Russia. Novozvyaginskaya str., 57; e-mail: alekss.perm@gmail.com).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 338.1

JEL classification: G30, L20, O30

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-24>

Развитие промышленного предприятия в условиях цифровой трансформации: от устойчивости к резильентности¹

А. М. Трапезникова ^а, А. В. Бабкин ^б

^{а,б} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(г. Санкт-Петербург, Россия).

^б <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>

Автор для корреспонденции: А.М. Трапезникова (trapeznikova.am@yandex.ru).

Аннотация. *Статья посвящена исследованию эволюции управленческих парадигм в контексте цифровой трансформации промышленности. Исходной предпосылкой является кризис классической концепции устойчивости в условиях нарастающей турбулентности экономики. Цель исследования — анализ эволюции управленческих парадигм в контексте цифровой трансформации; концептуальное разграничение устойчивости и резильентности промышленного предприятия, обоснование необходимости стратегического перехода к парадигме резильентности. Гипотеза исследования: парадигмы устойчивости и резильентности не являются взаимозаменяемыми. В рамках исследования применены методы системного и сравнительного анализа научной литературы. В результате выявлены ключевые различия парадигм по таким критериям, как основной фокус, отношение к изменениям и роль цифровых технологий, и предложено интегральное определение резильентности промышленного предприятия как динамической способности к антиципации, поглощению шоков, восстановлению и трансформации. Научный вклад заключается в концептуальном разграничении понятий и разработке комплексного определения. Результаты применимы в стратегическом управлении промышленными предприятиями для повышения их жизнеспособности. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка системы критериев и индикаторов для определения уровня резильентности предприятия и оценки эффективности мер по ее повышению.*

Ключевые слова: устойчивость, резильентность, промышленное предприятие, цифровая трансформация

¹ © Трапезникова А.М., Бабкин А.В. Текст. 2026.

Industrial enterprise development in the context of digital transformation: from resilience to resilience

А.М. Трапезникова ^a, А.В. Бабкин ^b

^{a, b} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, Russia).

⁶ <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358>

Corresponding author: A.M. Trapeznikova (trapeznikova.am@yandex.ru).

Abstract. *The article is devoted to the study of the evolution of management paradigms in the context of the digital transformation of industry. The initial premise is the crisis of the classical concept of sustainability in the context of increasing economic turbulence. The purpose of the study is to analyze the evolution of management paradigms in the context of digital transformation; to conceptually distinguish between sustainability and resilience of an industrial enterprise and to justify the need for a strategic transition to a paradigm of resilience. Research hypothesis: the paradigms of resilience and sustainability are not interchangeable. The research uses methods of systematic and comparative analysis of scientific literature. As a result, key paradigm differences were identified according to criteria such as the main focus, attitude to change, and the role of digital technologies, and an integral definition of industrial enterprise resilience was proposed as a dynamic ability to anticipate, absorb shocks, recover, and transform. The scientific contribution consists in the conceptual differentiation of concepts and the development of a comprehensive definition. The results are applicable in the strategic management of industrial enterprises to increase their viability. A promising area of further research is the development of a system of criteria and indicators for determining the level of enterprise resilience and evaluating the effectiveness of measures to improve it.*

Keywords: sustainability, resilience, industrial enterprise, digital transformation

Введение

Современная экономическая реальность, характеризующаяся нарастающей неопределенностью, новыми вызовами и глобальными шоками, требует переосмысления традиционных управленческих парадигм (Никулина и др., 2022). Классическая концепция устойчивости, ориентированная на стабильность, эффективность и сохранение равновесия в предсказуемой среде, демонстрирует свою недостаточную эффективность (Вабкин, Мерзликина, 2025). Концепция устойчивого развития, долгое время доминировавшая в научной и управленческой повестках, переживает кризис, выражающийся в отсутствии единого понимания её содержания, нечеткости целей и недостаточной эффективности на практике (Бабкин, Мерзликина, 2025). Отчеты ООН констатируют, что постепенные

изменения недостаточны для достижения целей к 2030 г., а многие задачи демонстрируют регресс, что обосновывает необходимость поиска новых управленческих парадигм, более адекватных современной турбулентной среде, одной из которых является резильентность (Бабкин, Мерзликина, 2025).

Гипотеза исследования состоит в том, что парадигмы устойчивости и резильентности не являются взаимозаменяемыми. Резильентность представляет собой эволюционное развитие концепции устойчивости и является необходимой парадигмой для промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации промышленности.

Исследование базируется на обзоре и критическом анализе научных публикаций, посвященных концепциям устойчивости, устойчивого развития и резильентности. Использованы методы системного и сравнительного анализа, а также синтеза теоретических положений.

Обсуждение и результаты

Проведенный анализ позволяет четко дифференцировать категории «устойчивость» и «резильентность». Устойчивость большинством ученых признается как результат, желаемое состояние системы, характеризующееся поддержанием основных характеристик в значениях, близких к равновесности, как реакции на изменения (Вабкин, Мерзликина, 2025). Ее фокус — стабильность и сохранение докризисного состояния.

В отличие от этого, резильентность фокусируется на способности системы преодолевать шоки и потрясения, возвращаясь к исходному состоянию или трансформируясь, выходя на новый уровень (Бабкин, Мерзликина, 2025; Акбердина, 2021), что особенно актуально для промышленных предприятий, сталкивающихся с каскадом технологических, рыночных и геополитических шоков (Никулина и др., 2022).

Для более четкого понимания ключевых различий между устойчивостью и резильентностью основные аспекты, определяющие их характеристики, представлены в таблице 1.

Анализ показывает, что «устойчивость» и «резильентность» принципиально различны по своей сути и ориентированы на разные условия внешней среды. Устойчивость, сфокусированная на стабильности и поддержании равновесия, эффективна в относительно предсказуемой среде, где изменения воспринимаются как угроза, а управление рисками сводится к созданию буферов против из-

Таблица 1

**Сравнительная характеристика концепций устойчивости
и резильентности промышленного предприятия**

| Критерий сравнения | Устойчивость | Резильентность |
|---------------------------|---|--|
| Основной фокус | Стабильность, сохранение равновесия | Адаптивность, восстановление, развитие после шока |
| Отношение к изменениям | Изменения — угроза, которую нужно минимизировать | Изменения — неизбежная данность, к которой нужно готовиться |
| Временной горизонт | Долгосрочное планирование в предсказуемой среде | Непрерывная подготовка к неопределённому будущему |
| Ключевой результат | Поддержание характеристик вблизи равновесия (статика) | Скорость и качество восстановления (динамика) |
| Реакция на шок | Сопrotивление изменению, минимизация отклонений | Поглощение шока, адаптация, трансформация |
| Подход к рискам | Управление известными рисками, создание буферов | Принятие неопределённости, развитие антихрупкости |
| Природа | Состояние или свойство системы | Способность системы |
| Роль цифровых технологий | Автоматизация, оптимизация процессов, снижение затрат | Цифровые двойники, предиктивная аналитика, гибкие производственные цепочки |
| Показатели эффективности | ROI, производительность, снижение колебаний | Время восстановления (Time-to-Recovery), глубина падения, уровень адаптивности |

Источник: сост. авторами по: (Бабкин, Мерзликина, 2025; Акбердина, 2021; Никулина и др., 2022; Романова и др., 2022).

вестных вызовов. Её ключевые результаты — это статические показатели, такие как производительность и рентабельность, а роль цифровых технологий видится преимущественно в автоматизации и оптимизации существующих процессов для снижения затрат.

В свою очередь резильентность возникает как ответ на вызовы турбулентной и неопределённой среды (BANI-мира (хрупкий, тревожный, нелинейный, непостижимый)) (Романова и др., 2022). Её основной фокус смещен с сопротивления изменениям на адаптацию, восстановление и даже трансформацию после шока. Ключевым результатом становится не статическое равновесие, а динамическая способность системы — скорость и качество ее восстановления (*Time-to-Recovery*), что отражается в соответствующих показателях

эффективности. В отличие от устойчивости, резильентность предполагает принятие неопределенности как данности и развитие антихрупкости, используя кризисы как «окна возможностей» (Смородинская, Малыгин, 2021). Цифровые технологии в этой парадигме играют трансформационную роль, обеспечивая гибкость и скорость реакции через внедрение цифровых двойников, предиктивной аналитики и реконфигурацию цепочек создания стоимости.

Таким образом, можно констатировать, что устойчивость и резильентность не являются взаимозаменяемыми концепциями, а отражают эволюцию управленческой мысли: от стремления к стабильности в предсказуемом мире к формированию способности к выживанию и развитию в условиях турбулентности. Для современного промышленного предприятия это означает необходимость стратегического сдвига от парадигмы устойчивости к парадигме резильентности, где цифровая трансформация становится ключевым инструментом обеспечения этой динамической способности.

Однако практическая реализация этого перехода осложняется отсутствием концептуального единства в понимании самой категории резильентности. Анализ литературы показывает, что не существует единого общепринятого определения резильентности. В научной дискуссии сформировались два основных подхода: равновесный (технический), рассматривающий резильентность как возврат к ранее существовавшей точке равновесия, и экосистемный (эволюционный), определяющий её как непрерывную адаптацию к меняющимся условиям (Акбердина, 2021). Более современные трактовки подчеркивают, что резильентность включает не только восстановление, но и способность использовать шоки как «окно возможностей» для рывка вперед (Смородинская, Малыгин, 2021).

Многообразие подходов авторов к определению понятия «резильентность» отражены в таблице 2.

Анализ подходов к определению понятия «резильентность» демонстрирует, что в научной дискуссии сформировался спектр определений, которые можно систематизировать по уровню сложности и динамичности.

Прежде всего, наблюдается смысловая эволюция от относительно узких трактовок, акцентирующих восстановительную функцию (Акбердина, 2021; Кушнаренко, 2022), к более комплексным, включающим проактивные и трансформационные аспекты. Так, если ранние определения фокусируются на «способности полностью восстанавливаться», то более поздние работы (Акбердина,

Таблица 2

Подходы авторов к определению понятия «резильентность»

| Автор | Определение |
|--|---|
| В. В. Акбердина (2021) | Экономическая резильентность — это способность экономики полностью восстанавливаться после воздействия шоков различной природы за счет внутренних адаптивных свойств |
| Ю. Г. Мыслякова (2022) | Резильентность представляет собой синтез защитной и активирующей функции субъекта, первая из которых содержит механизмы изолирования от события с потенциально негативным эффектом, а вторая — технологии функциональной адаптации |
| О. А. Чернова, Д. С. Гриднев (Chernova & Gridnev, 2023) | Резильентность — адаптивность структуры, как что-то, дающее возможность переходить из нежелательного состояния в желательное или как способность организации восстанавливать целостность и непрерывность своей деятельности после произошедшего разрыва |
| Т. В. Кушнаренко (2022) | Резильентность — способности системы полностью восстанавливаться после шоков разной природы за счет адаптивного использования ее внутреннего потенциала) |
| Л. Е. Красильникова, О. А. Рущицкая, Д. А. Баландин, С. С. Федосеева (Красильникова и др., 2022) | Резильентность экосистемы — оперативная способности к восстановлению экономического роста в условиях преодоления шоков и неопределенности |
| В. В. Акбердина (2022) | Экономическая резильентность — способность системы поглощать или смягчать потери, реконфигурироваться и обновляться |
| Р. Г. Тихончук (2024) | Резильентность (жизнеспособность) — способность быстрого восстановления активности, переключения на открывшиеся возможности |

Источник: сост. авторами по: (Акбердина, 2021; Мыслякова, 2022; Chernova & Gridnev, 2023; Кушнаренко, 2022; Красильникова и др., 2022; Акбердина, 2022; Тихончук, 2024).

2022; Мыслякова, 2022) дополняют это понимание способностями к «реконфигурации», «обновлению» и «функциональной адаптации». Наиболее системный взгляд демонстрируют в своей статье О.А. Чернова и Д.С. Гриднев (Chernova & Gridnev, 2023), описывая

резильентность как возможность «переходить из нежелательного состояния в желательное», что подчеркивает ее целенаправленный, трансформационный характер.

Кроме того, выделяются различные функциональные акценты. Часть определений концентрируется на оперативной реакции и скорости (Тихончук, 2024; Красильникова и др., 2022), тогда как другие делают акцент на стратегических возможностях, таких как рекомбинация ресурсов и обновление. Особого внимания заслуживает дуалистический подход Мысляковой (2022), представляющий резильентность как синтез защитной и активирующей функций, что позволяет объединить реактивные и проактивные стратегии поведения системы в условиях неопределенности.

Проведенный анализ существующих трактовок резильентности выявил как концептуальную общность — понимание ее как способности системы противостоять возмущениям, так и существенные различия в акцентах на различных аспектах этой способности — от восстановительного до трансформационного. На основании проведенного анализа предлагается следующее интегральное определение резильентности применительно к промышленному предприятию:

Резильентность — динамическая способность предприятия как сложной адаптивной системы предвидеть потенциальные угрозы, поглощать воздействие дестабилизирующих экономических шоков, быстро восстанавливать ключевые функции, адаптировать бизнес-процессы и трансформироваться, выходя на новый уровень развития, извлекая опыт для повышения своего будущего потенциала противодействия кризисам, тем самым обеспечивая долгосрочную жизнеспособность в условиях неопределенности.

Заключение

Проведенное исследование позволило четко дифференцировать концепции устойчивости и резильентности, доказав, что они не являются взаимозаменяемыми. Устойчивость ориентирована на стабильность в предсказуемой среде, тогда как резильентность фокусируется на адаптивности, восстановлении и трансформации в условиях неопределенности. Научная новизна работы заключается в концептуальном разграничении категорий, а также предложенном интегральном определении резильентности как динамической способности предприятия предвидеть угрозы, поглощать шоки, быстро восстанавливаться и трансформироваться. Практическая значимость состоит в обосновании стратегического сдвига

к парадигме резильентности, где цифровая трансформация выступает ключевым инструментом.

Перспективы дальнейших исследований состоят в разработке системы показателей для определения наличия и уровня резильентности предприятия и оценки эффективности мер по ее повышению, а также изучение отраслевых особенностей ее формирования.

Благодарности

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда, № 25-18-00978 «Стратегическое управление интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в условиях экономики данных: методология, фреймворк, инструментарий».

Acknowledgements

The study was funded by the Russian Science Foundation grant, № 25-18-00978 «Strategic Management of intellectual maturity of industrial ecosystems in a data economy: methodology, framework, tools».

Список источников

Акбердина, В. В. (2021). Резильентность экономики: факторы устойчивости к шокам. В *Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий: материалы VII Международной научно-практической конференции: в 2-х томах, 19–20 апреля 2021 года* (Т. 1, с. 8–15). Екатеринбург: Издательство Уральского университета.

Акбердина, В. В. (2022). Промышленность регионов Урала: резильентность в условиях санкций. В *Актуальные проблемы экономики и управления: сборник статей Десятой всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 20–21 октября 2022 года* (с. 58–64). Екатеринбург: Уральский государственный горный университет.

Бабкин, А. В., Мерзликина, Г. С. (2025). Устойчивое развитие экономических систем: эссенциальное содержание и критерии оценки. *Экономика и управление*, 31 (7), 834–853. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-7-834-853>

Красильникова, Л. Е., Рущицкая, О. А., Баландин, Д. А., Федосеева, С. С. (2022). Оценка резильентности сельского территориального пространства. *Аграрный вестник Урала*, 10 (225), 78–90. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-225-10-78-90>

Кушнаренко, Т. В. (2022). Движущая роль региональной промышленности в обеспечении резильентности экономик территорий с разными укладами. *Естественно-гуманитарные исследования*, 44 (6), 162–166.

Никулкина, И. В., Гордячкова, О. В., Калаврий, Т. Ю., Вандерлинден, Ж.-П. (2022). Резильентность социально-экономических систем: методологический аспект. *Вопросы инновационной экономики*, 1, 659–668.

Романова, О. А., Сиротин, Д. В., Пономарева, А. О. (2022). От экономики сопротивления — к резильентной экономике (на примере промышленного региона). *AlterEconomics*, 19(4), 620–637. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4>

Смородинская, Н. В., Малыгин, В. Е. (2021). Резильентность как стратегический императив в эпоху неопределенности. *Экономические стратегии*, 23(6), 58–62. <https://doi.org/10.33917/es-6.180.2021.58-62>

Тихончук, Р. Г. (2024). Моделирование резильентности как альтернативы трансформации управления региональными системами в условиях цифровизации. *Научные труды Вольного экономического общества России*, 245(1), 194–209. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2024-245-1-194-209>

Chernova, O. A., & Gridnev, D. S. (2023). Resilience of Russian regions in the face of COVID-19. *Regional Statistics*, 13(1), 76–93. <https://doi.org/10.15196/rs130104>

References

Akberdina, V. V. (2021). Resilientnost ekonomiki: faktory ustoychivosti k shokam [Economic resilience: factors of resistance to shocks]. In *Strategii razvitiya sotsialnykh obshchnostey, institutov i territoriy: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2-kh tomakh, Yekaterinburg, 19–20 aprelya 2021 goda* [Strategies for the development of social communities, institutions and territories: proceedings of the 7th international scientific-practical conference: in 2 volumes, April 19–20, 2021] (Vol. 1, pp. 8–15). Yekaterinburg: Izdatelstvo Uralskogo universiteta. (In Russ.)

Akberdina, V. V. (2022). Promyshlennost regionov Urala: resilientnost v usloviyakh sanktsiy [Industry of the Ural regions: resilience under sanctions]. In *Aktualnye problemy ekonomiki i upravleniya: sbornik statey Desyatoy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Yekaterinburg, 20–21 oktyabrya 2022 goda* [Actual problems of economics and management: collection of articles of the 10th all-Russian scientific-practical conference with international participation, October 20–21, 2022] (pp. 58–64). Yekaterinburg: Ural State Mining University. (In Russ.)

Babkin, A. V. & Merzlikina, G. S. (2025). Ustoychivoe razvitiye ekonomicheskikh system: essentsialnoe sodержание i kriterii otsenki [Sustainable development of economic systems: essential content and evaluation criteria]. *Ekonomika i upravlenie [Economics and Management]*, 31(7), 834–853. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-7-834-853> (In Russ.)

Chernova, O. A., & Gridnev, D. S. (2023). Resilience of Russian regions in the face of COVID-19. *Regional Statistics*, 13(1), 76–93. <https://doi.org/10.15196/rs130104>

Krasilnikova, L. E., Rushchitskaya, O. A., Balandin, D. A. & Fedoseeva, S. S. (2022). Otsenka resilientnosti selskogo territorialnogo prostranstva [Assessment of the resilience of rural territorial space]. *Agrarnyy vestnik Urala [Agrarian Bulletin of the Urals]*, 10(225), 78–90. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-225-10-78-90> (In Russ.)

Kushnarenko, T. V. (2022). Dvzhushchaya rol regionalnoy promyshlennosti v obespechenii resilientnosti ekonomik territoriy s raznymi ukladami [The driving role of regional industry in ensuring the resilience of economies of territories with different structures]. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya [Natural and Human Sciences Research]*, 44(6), 162–166. (In Russ.)

Nikulkina, I. V., Gordyachkova, O. V., Kalavriy, T. Yu. & Vanderlinden, Zh.-P. (2022). Resilientnost sotsialno-ekonomicheskikh system: metodologicheskii aspekt [Resilience of socio-economic systems: methodological aspect]. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki [Russian journal of innovation economics]*, 1, 659–668. (In Russ.)

Romanova, O. A., Sirotin, D. V. & Ponomareva, A. O. (2022). Ot ekonomiki soprotivleniya — k resilientnoy ekonomike (na primere promyshlennogo regiona) [From the economy of resistance to the resilient economy (the case of an industrial region)]. *AlterEconomics*, 19(4), 620–637. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4> (In Russ.)

Smorodinskaya, N. V. & Malygin, V. E. (2021). Resilientnost kak strategicheskii imperativ v epokhu neopredelennosti [Resilience as a strategic imperative in the era of uncertainty]. *Ekonomicheskie strategii [Economic Strategies]*, 23(6), 58–62. <https://doi.org/10.33917/es-6.180.2021.58-62> (In Russ.)

Tikhonchuk, R. G. (2024). Modelirovanie resilientnosti kak alternativny transformatsii upravleniya regionalnymi sistemami v usloviyakh tsifrovizatsii [Modeling resilience as an alternative to the transformation of regional systems management in the context of digitalization]. *Nauchnye trudy Volnogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii [Scientific Works of the Free Economic Society of Russia]*, 245(1), 194–209. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2024-245-1-194-209> (In Russ.)

Сведения об авторах

Трапезникова Анна Михайловна — аспирант, специалист научно-исследовательской лабораторией «Цифровая экономика промышленности», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Высшая инженерно-экономическая школа (Российская Федерация, 196233, г. Санкт-Петербург, пр. Космонавтов, д. 74; e-mail: trapeznikova.am@yandex.ru).

Бабкин Александр Васильевич — доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Цифровая экономика промышленности», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Высшая инженерно-экономическая школа; <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358> (Российская Федерация, 190020, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 44А; e-mail: al-vas@mail.ru).

Anna M. Trapeznikova — postgraduate student, specialist in the research Laboratory «Digital Economics of Industry», Peter the Great St. Petersburg

Polytechnic University (74 Kosmonavtov Ave., Saint Petersburg, 196233, Russian Federation; e-mail: trapeznikova.am@yandex.ru).

Alexander V. Babkin — D.Sc. in Economics, PhD in Technical Sciences, Professor, Head of the Research Laboratory «Digital Economy of Industry», Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, <https://orcid.org/0000-0002-0941-6358> (44a Lermontovsiy Ave., St. Petersburg, 190020, Russian Federation; e-mail: al-vas@mail.ru).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 336.018(045)

JEL classification: J23, O18, R23

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-25>

Оценка взаимосвязи уровня развития информационно-коммуникационных технологий и человеческого капитала¹

Е. А. Трушкова

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0001-7232-2576>

Автор для корреспонденции: Е. А. Трушкова (trushkova_ea@inbox.ru).

Аннотация. В данной работе проводится анализ взаимосвязи и корреляции между уровнем развития информационно-коммуникационных технологий и показателями человеческого развития в государствах с различным уровнем экономического благосостояния. В основу методологии исследования легли научные труды, посвященные устойчивому развитию, ИКТ, цифровизации, цифровому разрыву и развитию человеческого потенциала. Информационную базу исследования составили данные индекса человеческого развития за 2025 год из отчетов Гуманитарного портала и Программы развития Организации Объединенных Наций, а также индекса развития информационно-коммуникационных технологий за 2025 год из данных Международного союза электросвязи. По результатам проведенных оценок выявлена сильная взаимозависимость между рассматриваемыми показателями. Кроме того, обнаружены различия в характере этой взаимосвязи в зависимости от уровня экономического развития стран: влияние информационно-коммуникационных технологий на прогресс человеческого потенциала особенно заметно в государствах с небольшим доходом; для стран с высоким уровнем дохода характерна умеренная степень корреляции. Полученные результаты подчеркивают необходимость комплексного подхода к цифровой трансформации, учитывающего специфику каждой страны и направленного на преодоление цифрового разрыва для улучшения качества жизни и обеспечения устойчивого человеческого развития.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, цифровизация, человеческий капитал, устойчивое развитие

¹ © Трушкова Е. А. Текст. 2026.

Assessment of the relationship between the level of development of information and communication technologies and human capital

E. A. Trushkova

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0001-7232-2576>

Corresponding author: E. A. Trushkova (trushkova.ea@uiec.ru).

Abstract. *This paper analyzes the relationship and correlation between the level of information and communications technology development and human development indicators in countries with different levels of economic well-being. The research methodology is based on scientific works devoted to sustainable development, ICT, digitalization, the digital divide, and human development. The research information base consisted of the 2025 Human Development Index data from the Humanitarian Gateway and the United Nations Development Programme, as well as the 2025 ICT Development Index from the International Telecommunication Union. The assessment results revealed a strong interdependence between the indicators under consideration. In addition, differences in the nature of this relationship were discovered depending on the level of economic development of countries: the impact of information and communications technology on human development is especially noticeable in low-income countries; a moderate degree of correlation is characteristic of high-income countries. The findings highlight the need for a comprehensive approach to digital transformation that takes into account the specifics of each country and aims to bridge the digital divide to improve quality of life and ensure sustainable human development.*

Keywords: information and communication technologies, digitalization, human capital, sustainable development

Введение

Во второй половине XX — начале XXI вв. анализ динамических процессов стал ключевым в формировании представлений о преобразовании социально-экономических систем. В этот период экономическая теория расширила свои рамки от анализа отдельных стран до междисциплинарного исследования долгосрочных тенденций, факторов, структурных и качественных изменений в развитии. Принцип всестороннего изучения цифровизации, развития информационно-коммуникационных технологий и социально-экономической динамики предполагает учет динамики изменений рассматриваемого процесса или явления в его взаимосвязи и взаимозависимости с динамикой других социально-экономических процессов и явлений. Иными словами, отдельный элемент системы не должен анализироваться в отрыве от общего контекста.

В современном мире как на уровне отдельных государств, так и в мировом масштабе активно формируются и внедряются стратегии, нацеленные на ответственное использование информационно-коммуникационных технологий, принимая во внимание их положительное и отрицательное воздействия на экономику и общество.

Целью данного исследования является определение зависимости между комплексными показателями развития информационно-коммуникационных технологий и комплексным показателем уровня жизни человека в той или иной стране.

Методология работы основана на анализе современных исследований научных работ отечественных и зарубежных ученых, эмпирической базы национальных и зарубежных исследовательских организаций, отчетности официальных государственных органов власти, занимающихся проблемами устойчивого развития.

Обзор литературы

В научной литературе такие исследователи, как М.В. Кислинская, Е.Н. Лудушкина, И.А. Павлова и Ю.В. Чемоданова, утверждают, что в условиях цифрового развития экономики развивающиеся страны видят в человеческом капитале ключевой ресурс для реализации своих стратегических задач (Кислинская и др. 2019). Так, например, в Российской Федерации «развитие человеческого потенциала посредством совершенствования информационной и коммуникационной инфраструктуры» заявлено одним из важных направлений в Стратегии развития информационного общества, утвержденной Указом Президента РФ № 203 от 09.05.2017 г.¹ Согласно Резолюции Организации Объединенных Наций, «внедрение информационно-коммуникационных технологий способствует достижению целей устойчивого развития, повышению конкурентоспособности и расширению доступа к информации и знаниям»². В связи с чем глобальная система показателей развития целей устойчивого развития включает показатели, такие как «доля молодежи и взрослых, обладающих навыками в сфере ИКТ, в разбивке

¹ Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы. Утв. Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. [Электронный ресурс]. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 17.08.2025).

² «Использование информационно-коммуникационных технологий в целях устойчивого развития». Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей, 19 декабря 2019. [Электронный ресурс]. <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n19/433/78/pdf/n1943378.pdf> с. 3 (дата обращения: 17.08.2025).

по типам навыков (4.4.1.); доля лиц, владеющих мобильными телефонами, в разбивке по полу (5.b.1); доля населения, охваченного мобильной связью, в разбивке по технологиям (9.c.1); количество фиксированных широкополосных Интернет-подписок на 100 жителей в зависимости от скорости (17.6.1); доля лиц, пользующихся Интернетом (17.8.1)»¹. Данные показатели адаптированы и встроены в систему показателей участия Российской Федерации в области устойчивого развития на период до 2030 г.²

В связи с этим в эпоху цифровой трансформации прогресс в сфере информационно-коммуникационных технологий, наряду с приоритетным развитием человеческих ресурсов и их возможностей, выступает основой стабильного и социально-экономического роста государств.

В литературе В.Г. Халин и Г.В. Чернова делают акцент «на изменениях в способах взаимодействия экономических агентов, с конкретизацией видов информационно-коммуникационных технологий или форм изменений экономических процессов» (Халин, Чернова, 2018). И.А. Гунина, И.В. Логунова и В.Ю. Пестов утверждают, что «развитие человеческого капитала проявляется в инновационных подходах к ведению деятельности, соответствующих требованиям современной экономики» (Гунина и др., 2019). Авторы подчеркивают «важность развития цифровых компетенций, определяя их как комплекс знаний, умений и навыков, необходимых для эффективного использования цифровых технологий для решения задач ... в целом» (Гунина и др., 2019).

А.А. Грибков, анализируя проблемы управления человеческим капиталом в контексте цифровой экономики, делает акцент на приоритетности образования и подготовки кадров (Грибков, 2023). По его мнению, «ключевым направлением должно стать обновление системы образования в соответствии с последними достижениями в области информационно-коммуникационных технологий и смежных областях науки» (Грибков, 2023). И.А. Питайкина и С.А. Влазнева анализируют проблемы, связанные с трансформацией человеческого капитала под влиянием цифровой эконо-

¹ Показатели ЦУР в сфере ИКТ МСЭ. [Электронный ресурс]. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/SDGs-ITU-ICT-indicators.aspx> (дата обращения: 17.08.2025).

² Добровольный национальный обзор хода осуществления Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/26421VNR_2020_Russia_Report_Russian.pdf (дата обращения: 17.08.2025).

мики, отмечая, что «результаты этого процесса могут выражаться в несоответствии компетенций, предлагаемых системой образования, потребностям новой экономики, что ведет к росту структурной безработицы» (Питайкина, Влазнева, 2018). Это объясняется тем, что различные страны внедряют цифровые технологии с разной скоростью из-за различий в научно-техническом прогрессе и качестве человеческого капитала.

О. Б. Бартов и Е. А. Третьякова отмечают: «Использование является важным фактором устойчивого развития, повышения конкурентоспособности и расширения доступа к информации и знаниям» (Бартов, Третьякова, 2019). О. Заборовская, О. Надеждина и Е. Авдусевская, анализируя региональную специфику развития человеческого капитала, подводят итог, что «необходимо принимать меры по развитию цифровой инфраструктуры, сокращению цифрового неравенства, поддержке вузов и НИИ, а также развитию электронных сервисов для предоставления государственных и муниципальных услуг» (Заборовская и др., 2020). На Всемирном экономическом форуме было заявлено, что «страны с высоким уровнем проникновения информационно-коммуникационных технологий демонстрируют значительный рост уровня жизни, что выражается в увеличении ВВП на душу населения. Тем самым авторы поясняют, что цифровые технологии к 2025 г. составят 24,3 % мирового ВВП». Однако, как отмечают авторы, «данный эффект становится заметным лишь после достижения определенного уровня использования информационно-коммуникационных технологий в рамках управления социально-экономическим развитием. За последние 30 лет 1 доллар вложенных инвестиций в цифровые технологии увеличил ВВП на 20 долларов, тогда как 1 доллар, вложенный в нецифровые инвестиции, увеличил ВВП всего на 3 доллара»¹.

Таким образом, исследования выявили многообразные проявления влияния информационно-коммуникационных технологий на развитие человеческого потенциала и формирование человеческого капитала. В частности, рассмотрены вопросы доступности информационных, образовательных и прочих ресурсов, существенной роли цифровых навыков и умений, а также дифференциации населения по степени развития цифровой грамотности. Последнее приводит к возникновению так называемого феномена цифрового неравенства.

¹ How is the Fourth Industrial Revolution changing our economy? [Электронный ресурс]. <https://www.weforum.org/agenda/2019/11/the-fourth-industrial-revolution-is-redefining-the-economy-aswe-know-it> (дата обращения: 17.08.2025).

Материалы и методы

В статье автором были применены методы корреляционного и регрессионного анализа как основного инструмента математической статистики, а также графический метод для подведения итогов оценки. Теоретической базой являются научные работы, в которых изучаются вопросы устойчивого развития, проникновения информационно-коммуникационных технологий в общественную жизнь, цифровизации, цифрового неравенства, развития человеческого потенциала и т. д.

Для проведения корреляционной и регрессионной оценки автором были взяты, во-первых, показатели оценки индекса развития информационно-коммуникационных технологий за 2025 г. Данные представлены в отчетных документах Международного союза электросвязи (МСЭ) «Measuring digital development «The ICT Development Index 2025». Индекс развития информационно-коммуникационных технологий используется для измерения уровня развития сектора информационно-коммуникационных технологий¹. Во-вторых, показатели индекса человеческого развития за 2025 г. Данные содержатся в отчетных документах Гуманитарного портала: исследования и прогнозы и программе развития Организации Объединённых Наций «Human Development Report 2025»². Согласно данным исследования, индекс измеряет вклад здоровья и образования в производительность и общественные блага, основываясь на эмпирических данных. Компоненты индекса оценивают будущий человеческий капитал, формируемый у нового поколения, а не «на фонд человеческого капитала, которым располагает нынешнее экономически активное население, и который в значительной мере был предопределён политическим выбором, сделанным десятки лет назад, когда нынешние работники ещё были учащимися»³. Следует отметить, что автор берет во внимание индекс человеческого развития, поскольку существует утверждение, например, «человеческое развитие способствует формированию человеческо-

¹ Measuring digital development «The ICT Development Index 2025». [Электронный ресурс]. https://www.itu.int/hub/publication/d-ind-ict_mdd-2025-1/c.12 (дата обращения: 12.11.2025).

² Human Development Report 2025. [Электронный ресурс]. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2025> (дата обращения: 12.11.2025).

³ Индекс человеческого развития. Гуманитарный портал: исследования и прогнозы [Электронный ресурс]. Центр гуманитарных технологий, 2006–2025 (последняя редакция: 10.10.2025). <https://gtmarket.ru/ratings/human-development-index> (дата обращения: 12.11.2025).

го капитала, который, в свою очередь, играет важную роль в определении производительности труда и способности поглощать новые знания и осваивать новые технологии» (Носкова, 2013).

Объектами исследования стали 159 стран с различным уровнем экономического развития, дифференцированным на 4 группы (согласно подходу Всемирного банка, подразделяющий мировые экономики на четыре группы: страны с низким, ниже среднего, выше среднего и высоким уровнем дохода)¹.

Результаты и их обсуждение

Расчет корреляционной зависимости между переменными — индекс человеческого развития и индекс развития информационно-коммуникационных технологий по 159 странам за 2025 г. составил 0,91.

В программном пакете Excel были произведены расчеты простой (парной) регрессии между двумя переменными — y и x , т. е. модель вида (1):

$$y = \tilde{f}(x) \quad (1)$$

где y — зависимая переменная (результативный признак), содержит параметр индекса человеческого развития (человеческого потенциала), а x — независимая переменная (признак-фактор), содержит индекс развития информационно-коммуникационных технологий.

Расчет коэффициента детерминации (рис.) указывает на то, что в регрессионной модели 82 % вариаций переменной индекса человеческого развития (человеческого потенциала) объясняется переменными индекса развития информационно-коммуникационных технологий. Данное значение указывает на наличие сильной взаимосвязи между наблюдаемыми переменными. Поскольку r^2 в диапазоне $0,75 \leq r^2 \leq 0,95$, то говорят об удовлетворительной аппроксимации (модель в целом адекватно описывает явление)².

Расчет корреляционной зависимости между переменными, исходя из страновой классификации Всемирного банка по уровню доходов, выявил сильную связь по подгруппам (табл.): для группы

¹ World Bank Group country classifications by income level for FY24 (01 July 2023 — 30 June 2024). [Электронный ресурс]. <https://blogs.worldbank.org/en/opendata/new-world-bank-group-country-classifications-income-level-fy24> (дата обращения: 12.11.2025).

² Ксендзенко, Л. С., Бойко, Л. А., Шишкин, А. В. (2025). Элементы теории корреляции: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 71.

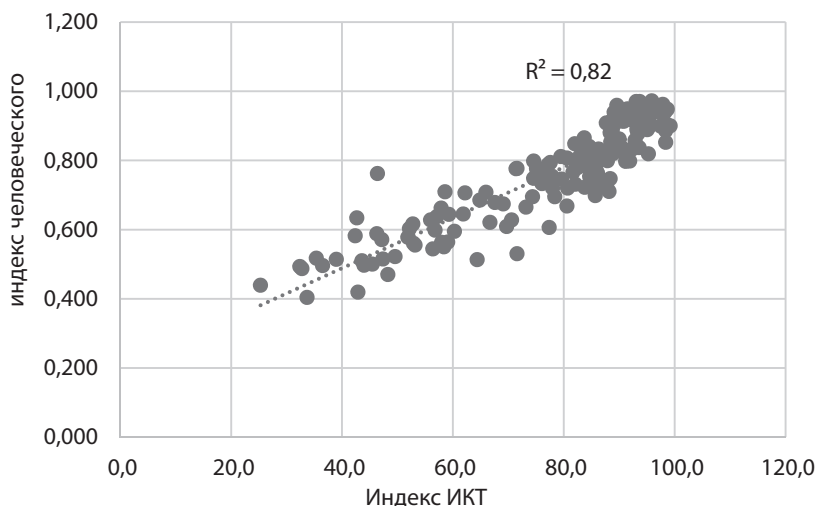


Рис. Оценка зависимости между переменными — индекс человеческого развития и индекс развития информационно-коммуникационных технологий (159 стран) (источник: сост. авторами по: ICT Development Index 2025. [Электронный ресурс]. https://www.itu.int/hub/publication/d-ind-ict_mdd-2025-1/; Индекс человеческого развития. Центр гуманитарных технологий, 2006–2025. [Электронный ресурс]. <https://gtmarket.ru/ratings/human-development-index> (дата обращения: 12.11.2025); Human Development Report 2025. [Электронный ресурс]. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2025> (дата обращения: 12.11.2025))

стран «Upper-middle-income» (коэффициент 0,90) и «Low-income» (коэффициент 0,91) характерна сильная связь, а для группы «High-income» (коэффициент 0,55) — средняя степень связи.

Таким образом, дифференцированный анализ по группам стран с разным уровнем дохода указывает на некоторые важные моменты:

— во-первых, у государств с невысоким уровнем доходов («Low-income») наблюдается существенная взаимосвязь (0,91) между индексом человеческого развития и параметрами, характеризующими прогресс информационно-коммуникационных технологий. Это свидетельствует о важной роли цифровых технологий в обеспечении необходимого доступа к информации, образованию и коммуникациям на начальных этапах цифрового развития стран. В подтверждение этого в отчете «Индекс развития ИКТ»¹ подчеркивается необхо-

¹ Measuring digital development ICT Development Index 2025. [Электронный ресурс]. <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/idi2025/> (дата обращения: 12.11.2025).

Таблица

Расчет корреляционной зависимости между переменными — индекс человеческого развития (HDI) и индекс развития ИКТ (IDI) по группам стран в зависимости от уровня дохода (согласно группировке Всемирного банка), 2025 г.

| Группы стран в зависимости от уровня дохода (согласно группировке Всемирного банка) | Страны | Коэффициент корреляции |
|---|---|------------------------|
| «High-income» | Андорра, Австралия, Австрия, Багамские острова, Бахрейн, Барбадос, Бельгия, Бруней-Даруссалам, Болгария, Канада, Чили, Хорватия, Кипр, Чехия, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Гонконг, Китай, Венгрия, Исландия, Ирландия, Израиль, Италия, Япония, Корея (Республика), Кувейт, Латвия, Лихтенштейн, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Оман, Панама, Польша, Португалия, Катар, Румыния, РФ, Сент-Китс и Невис, Сан-Марино, Саудовская Аравия, Сейшельские острова, Сингапур, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария, Тринидад и Тобаго, ОАЭ, Великобритания, США, Уругвай | 0,55 — средняя связь |
| «Upper-middle-income» | Албания, Алжир, Аргентина, Армения, Азербайджан, Беларусь, Босния и Герцеговина, Ботсвана, Бразилия, Китай, Колумбия, Коста-Рика, Куба, Доминиканская Республика, Эквадор, Сальвадор, Экваториальная Гвинея, Габон, Грузия, Гватемала, Индонезия, Иран (Исламская Республика), Ирак, Ямайка, Казахстан, Ливия, Малайзия, Мальдивы, Маврикий, Мексика, Молдова, Монголия, Черногория, Намибия, Северная Македония, Парагвай, Перу, Сент-Люсия, Сент-Винсент и Гренадины, Сербия, Южная Африка, Суринам, Таиланд, Турция, Украина | 0,90 — сильная связь |

Окончание табл. на след. стр.

| Группы стран в зависимости от уровня дохода (согласно группировке Всемирного банка) | Страны | Коэффициент корреляции |
|---|--|------------------------|
| «Lower-middle-income» | Ангола, Бангладеш, Бенин, Бутан, Кабо-Верде, Камбоджа, Камерун, Коморские острова, Конго (Республика), Джибути, Египет, Эсватини, Гана, Гондурас, Иордания, Кения, Кирибати, Кыргызстан, Лесото, Мавритания, Марокко, Мьянма, Никарагуа, Нигерия, Пакистан, Палестина, Филиппины, Самоа, Сан-Томе и Принсипи, Сенегал, Шри-Ланка, Танзания, Восточный Тимор, Тунис, Узбекистан, Вануату, Вьетнам, Замбия, Зимбабве | 0,71 — сильная связь |
| «Low-income» | Афганистан, Бурунди, Эфиопия, Гвинея-Бисау, Либерия, Мадагаскар, Малави, Мали, Мсумбиджи, Руанда, Сомали, Сирийская Арабская Республика, Того, Уганда, Йемен | 0,91 — сильная связь |

Источник: сост. автором по: ICT Development Index 2025. [Электронный ресурс]. https://www.itu.int/hub/publication/d-ind-ict_mdd-2025-1/; Индекс человеческого развития / Гуманитарный портал: исследования и прогнозы. Центр гуманитарных технологий, 2006–2025. [Электронный ресурс]. <https://gtmarket.ru/ratings/human-development-index> (дата обращения: 12.11.2025); Human Development Report 2025. [Электронный ресурс]. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2025> (дата обращения: 12.11.2025).

димось для стран с небольшим доходом акцентировать внимание на конкретных показателях, таких как число людей и домохозяйств, имеющих и использующих Интернет, уровень распространения мобильного широкополосного доступа и его ценовая доступность;

— во-вторых, умеренная корреляция (0,55) в странах с высоким уровнем дохода («High-income») указывает на то, что дальнейший рост цифровой инфраструктуры оказывает менее существенное влияние на индекс человеческого развития. Это, вполне вероятно, происходит из-за эффекта насыщения данных стран процессами цифровизации, существования всех необходимых аспектов цифровой экосистемы и т. д.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование указывает на наличие существенной взаимосвязи между развитием информационно-коммуникационных технологий и уровнем человеческого развития в страновом разрезе. Высокий коэффициент корреляции между индексом человеческого развития и индексом развития информационно-коммуникационных технологий подчеркивает, что процессы цифровизации оказывают значительное влияние на ключевые аспекты человеческого развития, включая здоровье, образование и доход. Регрессионный анализ подтверждает, что развитие информационно-коммуникационных технологий является важным фактором, определяющим прогресс человеческого развития.

Полученные результаты указывают на необходимость комплексного подхода к цифровой трансформации, учитывающего специфику каждой страны и направленного на преодоление цифрового неравенства. Особое внимание следует уделять обеспечению доступности и ценовой доступности Интернета, развитию цифровых навыков и созданию благоприятной среды для инноваций, особенно в странах с низким уровнем дохода. Только в этом случае можно в полной мере реализовать потенциал развития информационно-коммуникационных технологий для улучшения качества жизни и обеспечения устойчивого человеческого развития.

Благодарности

Публикация подготовлена в рамках выполнения государственного задания Института экономики УрО РАН на период 2024–2026 гг. «Механизмы регулирования экономического поведения населения в условиях структурных изменений».

Acknowledgements

The publication was prepared as part of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences' state assignment for the period 2024–2026. «Mechanisms for Regulating the Economic Behavior of the Population in the Context of Structural Changes»

Список источников

Бартов, О. Б., Третьякова, Е. А. (2019). Теоретические аспекты влияния информационно-коммуникационных технологий на социально-экономическое развитие региона. *Журнал экономической теории*, 16(4), 705–715. 10.31063/2073-6517/2019.16-4.8

Грибков, А. А. (2023). Роль человеческого капитала в концепции цифровой экономики. *Молодой ученый*, 14(461), 101–103.

Гунина, И. А., Логунова, И. В., Пестов, В. Ю. (2019). Повышение эффективности использования человеческого капитала в условиях цифровой трансформации. *Регион: системы, экономика, управление*, 1 (44), 18–25.

Кислицкая, М. В., Лудушкина, Е. Н., Павлова, И. А., Чемоданова, Ю. В. (2019). Человеческий капитал как средство реализации стратегических инициатив ведущих государств по цифровизации экономики. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 12 (2), 94–100.

Носкова, К.А. (2013). Формирование, накопление и развитие человеческого капитала. *Гуманитарные научные исследования*, 5.

Питайкина, И. А., Влазнева, С. А. (2018). Формирование нового качества человеческого капитала в условиях цифровой экономики. *Вопросы экономики и права*, 121, 39–44.

Халин, В. Г., Чернова, Г. В. (2018). Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски. *Управленческое консультирование*, 10 (118). С. 46–63. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63

Zaborovskaia, O., Nadezhina, O., Avduevskaya, E. (2020). The Impact of Digitalization on the Formation of Human Capital at the Regional Level. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 184. 10.3390/joitmc6040184

References

Bartov, O. B. & Tretyakova, E. A. (2019). Theoretical aspects of the influence of information and communication technologies on the socio-economic development of the region. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii*, 16(4), 705–715. 10.31063/2073-6517/2019.16-4.8 (In Russ.)

Gribkov, A. A. (2023). The role of human capital in the concept of the digital economy. *Molodoj uchenyj*, 14(461), 101–103. (In Russ.)

Gunina, I.A., Logunova, I.V. & Pestov, V. Yu. (2019). Improving the efficiency of using human capital in the context of digital transformation. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie*, 1 (44), 18–25. (In Russ.)

Khalin, V.G. & Chernova, G.V. (2018). Digitalization and its impact on the Russian economy and society: advantages, challenges, threats and risks. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie*, 10(118), 46–63. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-10-46-63. (In Russ.)

Kislitskaya, M.V., Ludushkina, E.N., Pavlova, I.A. & Podmodanova, Yu.V. (2019). Human capital as a means of implementing strategic initiatives of the leading states on digitalization of the economy. *Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava*, 12(2), 94–100. (In Russ.)

Noskova, K.A. (2013). Formation, accumulation and development of human capital. *Gumanitarnye nauchnye issledovaniya*, 5. (In Russ.)

Pitaikina, I.A. & Vlazneva, S.A. (2018). Formation of a new quality of human capital in the digital economy. *Voprosy ekonomiki i prava*, 121, 39–44. (In Russ.)

Zaborovskaia, O, Nadezhina, O. & Avduevskaya, E. (2020). The Impact of Digitalization on the Formation of Human Capital at the Regional Level. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 184. 10.3390/joitmc6040184.

Сведения об авторе

Трушкова Екатерина Александровна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0001-7232-2576> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: trushkova_ea@inbox.ru).

Ekaterina A. Trushkova — Candidate of Economics, Senior Research Associate, Institute of Economics of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0000-0001-7232-2576> (29, Moskovskaya St., Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: trushkova_ea@inbox.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 338.984

JEL classification: L23, M11, O21

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-26>

Методика оценки эффективности внедрения передовых систем сквозного планирования¹

С. Г. Фомин

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0009-0008-7462-850X>.

Автор для корреспонденции: С. Г. Фомин (semafom@gmail.com).

Аннотация. Исходными данными для исследования послужили материалы научных исследований и эмпирические данные российского машиностроительного холдинга. Выявленная актуальность на теоретическом и прикладном уровнях определила цель настоящего исследования — разработка методики оценки эффективности внедрения передовых систем сквозного планирования. В работе применены общенаучные методы систематизации и синтеза, а также специальные методы технико-экономического анализа. Результаты работы представлены в виде механизма оценки эффективности внедрения передовых систем планирования, который включает: четыре этапа внедрения, варианты последовательности модификации планирования в условиях холдинговых структур (в разрезе бизнес-единиц или сквозных функциональных вертикалей), трехзвенную (задачи-способ-функциональность) систему критериев эффективности системы планирования, показатели эффектов от внедрения передовой системы планирования. На практическом примере апробации показана возможность применения предложенного механизма для обоснования проекта модификации системы сквозного планирования машиностроительного холдинга. Применение искусственного интеллекта и Интернета вещей является дальнейшим направлением исследований.

Ключевые слова: производственное планирование, передовые системы планирования, сквозное планирование, внутрифирменное планирование, оценка эффективности

¹ © Фомин С. Г. Текст. 2026.

Methodology for assessing the effectiveness of the implementation of advanced end-to-end planning systems

S. G. Fomin

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0009-0008-7462-850X>.

Corresponding author: S. G. Fomin (semafom@gmail.com).

Abstract. *The study is based on scientific literature and empirical data from a Russian machine-building holding. Its goal is to develop a methodology for assessing the effectiveness of advanced end-to-end planning system implementation. Using methods of synthesis, systematization, and techno-economic analysis, the author proposes an assessment framework. This framework includes four implementation stages, options for planning modification in holdings (by business units or functional verticals), a three-level system of efficiency criteria (objectives-methods-functionality), and key performance indicators. A practical case study demonstrates the framework's applicability for justifying a planning system modernization project in a machine-building holding, confirming its practical value. Future research will explore the integration of artificial intelligence and the Internet of Things into these systems.*

Keywords: production planning, advanced planning systems, end-to-end planning, internal planning, performance evaluation

Введение

Достижение технологического лидерства является важной задачей государственного уровня. Одно из направлений, обеспечивающих выполнение этой амбициозной задачи, лежит в области совершенствования систем управления промышленными предприятиями. Основой современного управления является сквозное планирование, которое обеспечивает принятие наиболее рациональных решений с учетом всех факторов и имеющихся данных. Развитию систем планирования посвящено множество исследований, начиная с первой половины XX в. до наших дней. Современные тенденции во многом связаны с информатизацией. В то же время очевидно, что сама по себе цифровизация не является панацеей для построения эффективной системы внутрифирменного планирования. Необходим комплексный взгляд на совокупность взаимозависимостей фактических потерь на конкретном предприятии, способной ликвидировать эти потери функциональности информационной системы планирования, потенциальных бизнес-эффектов для получения в случае успешной модификации системы планирования с применением передовых систем сквозного планирования.

Особую актуальность обретают эти вопросы в сложных и малоизученных условиях единичного и мелкосерийного типа производства и в холдинговых структурах. Востребованность соответствующих механизмов оценки эффективности, включая этапы, показатели, критерии и инструменты для модели развития системы планирования, определила цель настоящего исследования — разработку методики оценки эффективности внедрения передовых систем сквозного планирования.

Объектом исследования выступают машиностроительные холдинги единичного и мелкосерийного типа производства.

Предмет исследования — экономические отношения, возникающие по поводу оценки эффективности внедрения передовых систем сквозного планирования.

Обзор литературы

Востребованность темы настоящей работы для отечественной науки и техники подтверждается проведенным в рамках направления «Технет» НТИ исследованием, в котором всестороннее раскрыты различные аспекты передовых систем планирования (APS — Advanced Planning & Scheduling, дословно «передовое планирование и составление расписаний»). Обозначено, что эти системы являются критически важными для достижения лидирующих позиций отечественных информационных технологий, отмечено, что рынок APS-систем в мире будет развиваться при темпах роста в диапазоне 9,5–10,4 % и к 2030 г. увеличится в 2 раза, достигнув значения, равного 1335,6 млн долл. (Корчевская, 2024).

Математические алгоритмы, являющиеся основой для таких систем, были разработаны и адаптированы для решения реальных экономических задач в промышленности советскими учеными (Канторович, 1965). Сохраняют свою актуальность принципы планирования, которые были сформулированы в советской плановой системе (Струмилин, 1959) и получили широкое распространения в мире для управления сложными экономическими системами промышленных предприятий (Хан, 1997), которыми являются холдинги, объединяющие предприятия единичного и мелкосерийного типа производства.

Современный этап развития экономической науки о планировании в контексте передовых систем планирования характеризуется поиском синергии между существующими и новыми методами планирования, а также теми возможностями, которые дают новейшие программно-аппаратные средства для планирования.

Рассматриваются вопросы повышения устойчивости и скорости реакции цепочек поставок с помощью цифровых технологий, актуальные для холдинговых структур (Ivanov & Dolgui, 2021). Наблюдается переход интеграции планирования в Индустрии 4.0 от линейных моделей к гибридным системам с высокой степенью адаптивности (Chen et al., 2023). Показано, что новейшие APS-системы способны снижать время выполнения задач, улучшать загрузку ресурсов (De Giovanni et al., 2025). Демонстрируется, что успешное внедрение передовых систем сквозного планирования требует не только технологической готовности, но и формирования организационных способностей, преодоления сопротивления персонала и выстраивания доверия к цифровым решениям, что особенно актуально для традиционных машиностроительных предприятий с низким уровнем цифровизации (Eriksson, 2022).

Изучаются положительные эффекты для предприятий, формируемые в результате перехода на цифровые промышленные платформы управления производством (Акбердина, 2024). Уделено внимание оценке готовности функции планирования к новому этапу модификации, в т. ч. с применением цифровых технологий (Фомин, Ермакова, 2024).

Эти исследования подтверждают, что ключевыми условиями успешного внедрения являются: наличие качественных данных, способность интеграции, вовлечение руководства, а также поэтапный переход от классического MRP (*Material Requirements Planning* — алгоритм планирования потребности в материалах) к передовым системам планирования.

В то же время недостаточное внимание уделяется комплексным методикам оценки эффективности внедрения передовых систем сквозного планирования именно для машиностроительных холдингов с единичным и мелкосерийным типом производства, что и определяет научный пробел, восполняемый в настоящем исследовании. На этом фоне исследование по внедрению передовых систем планирования в машиностроительном холдинге, представленное в настоящей статье, выглядит обоснованным и актуальным.

Методы и материалы

В работе использованы общенаучные методы — систематизация, синтез. Структура работы построена по методу дедукции, от общих положений к применению этих положений на конкретном примере. Центральной составляющей статьи является методика технико-экономического анализа.

Материалами послужили записи, бухгалтерские и управленческие учетные данные, отчеты об исполнении планов и договоров, локальные нормативные документы проекта внедрения системы передового планирования в холдинге Синара — Транспортные Машины. Текущие показатели рассчитывались на основании: данных бухгалтерского учета (счета 20, 43, 90) по состоянию на конец года, порядка 30 записей по 10 заводом; сравнения плановых заданий и условий договоров с заказчиками с фактом выполнения в разрезе сроков, количества, наименований номенклатуры в среднем по месяцам и суммарно за год, оценивалось порядка 1000 плановых позиций.

Результаты

Модификация системы сквозного планирования через внедрение передовой системы планирования предполагает несколько этапов. В таблице 1 приведены типовые этапы и их характеристики.

Для условий холдинговой структуры на одном из первых этапов должен быть сделан выбор, в каком разрезе и последовательности совершенствовать процессы планирования с применением новых информационных технологий. Возможны два варианта: проводить информатизацию в разрезе предприятий, переводя в новую информационную среду все процессы сначала на одной бизнес-единице, затем на следующей и так далее; или переводить в новую информационную среду функциональные сквозные процессы сразу на всех заводах,

Таблица 1

Этапы внедрения передовых систем сквозного планирования и их характеристики

| Этап | Характеристика |
|-------------------------|--|
| Подготовка | Создание основы для внедрения передовой системы планирования, включая организационную и процессную структуру, данные и информационные системы базового уровня |
| Инициирование | Выявление предпосылок и бизнес-задач, разработка плана внедрения и выделение ресурсов на внедрение передовой системы планирования |
| Внедрение | Настройка и разворачивание новой информационной системы передового сквозного планирования, развитие процессов и компетенций планирования с учетом новых возможностей |
| Эксплуатация и развитие | Фиксация достигнутых результатов через выпуск регламентирующих документов и организацию поддержки. Планирование дальнейших модификаций системы планирования |

Источник: сост. автором.

таким образом постепенно переводя одну за другой бизнес-функции на новую информационную платформу во всем холдинге.

Для рассматриваемого в настоящей работе сквозного планирования с учетом тенденции централизации функции планирования и интенсивной внутривхолдинговой кооперации был применен вариант сквозных процессов в комбинации с поэтапным разворачиванием через создание унифицированной модели планирования на пилотном предприятии. Схематично эти три варианта представлены на рисунке.

Отсутствие управляющей компании как отдельной бизнес-единицы в рассматриваемых вариантах обусловлено спецификой внедрения сквозного планирования — по умолчанию подразумевается, что управляющая компания вовлечена в этот процесс. Предложенный подход допустим для внедрения информационных систем передового планирования, т. к. внедрение таких систем предполагает наличие базовых процессов в соответствующих информационных платформах. Для принятия решения о выборе варианта необходимо учитывать эти обстоятельства, поскольку система планирования не может функционировать без связи с нормативно-справочной информацией и фактических данных об исполнении планов.

Для предприятий единичного и мелкосерийного типа производства длительность каждого этапа или стадии может составлять от 6 месяцев до одного года. Такая большая длительность в совокупности с динамичными изменениями внешней и внутренней среды создаёт запрос на обеспечение гибкости при реализации проекта внедрения. Целесообразно по результатам каждого этапа подтверждать эффективность и актуализировать дальнейшие действия с учетом вновь выявленных обстоятельств.

Вариант 1. Информационная модификация бизнес-процессов в разрезе бизнес-единиц

| | Завод 1 | Завод 2 | Завод 3 |
|--------------|---------|---------|---------|
| Планирование | 1 | 2 | 3 |
| Инжиниринг | | | |
| Снабжение | | | |
| Производство | | | |
| Продажи | | | |
| Сервис | | | |
| И др. | | | |

На стадии (1, 2, 3) вовлекается очередной завод по всем бизнес-функциям

Вариант 2. Информационная модификация в разрезе сквозных процессов

| | Завод 1 | Завод 2 | Завод 3 |
|---|--------------|---------|---------|
| 1 | Планирование | | |
| 2 | Инжиниринг | | |
| 3 | Снабжение | | |
| | Производство | | |
| | Продажи | | |
| | Сервис | | |
| | И др. | | |

На стадии (1, 2, 3) бизнес-функция реализуется в новой информационной среде для всех заводов

Вариант 3. Информационная модификация в разрезе сквозных процессов, начиная с пилотного предприятия

| | Завод 1 | Завод 2 | Завод 3 |
|--------------|---------|---------|---------|
| Планирование | 1 | 2 | |
| Инжиниринг | 3 | 4 | |
| Снабжение | | | |
| Производство | | | |
| Продажи | | | |
| Сервис | | | |
| И др. | | | |

На 1 стадии достигается желаемое состояние бизнес-функции, на 2 стадии распространяется

Рис. Варианты последовательности модификации планирования в условиях холдинговых структур (источник: сост. автором)

Для этого мы предлагаем использовать подход, который включает оценку критериев и показателей эффективности системы планирования. Критерии состоят из трехзвенной взаимосвязанной последовательности: задачи планирования; способ достижения; функциональность информационной системы, обеспечивающая решение. Показатели эффективности служат для оценки бизнес-результатов и непосредственно функции планирования производства.

На основе анализа литературных научных источников, отчетов о внедрении консалтинговых компаний, документации ведущих вендоров программного обеспечения, авторского исследования на материалах машиностроительных холдингов в таблице 2 систематизированы критерии внедрения передовых систем сквозного планирования.

Отметим, что приведенные в таблице 2 задачи планирования имеют методические параллели с принципами планирования (Хан, 1997). В таблице 2 не представлены некоторые практики планирования, которые обычно присущи современным производственным предприятиям и должны быть учтены при проектировании системы сквозного планирования в условиях конкретного машиностроительного предприятия, например, бережливое производство или шина данных. Определенные измеримые сроки, модули и ключевые показатели эффективности также должны быть установлены в качестве критериев.

На этот запрос отвечают показатели эффективности системы сквозного планирования. Для оценки внедрения предлагается использовать следующую логическую последовательность:

- текущая оценка показателя на предприятии на основании бухгалтерских и управленческих учетных данных предприятия;
- улучшение показателя при внедрении системы передового планирования на основании анализа соответствующих источников;
- совокупное улучшение показателей на предприятии как произведение предыдущих двух пунктов;
- вывод о целесообразности модификации системы сквозного планирования на базе передовой системы планирования как разница между предыдущим пунктом и оценкой полных затрат на модификацию.

Затраты на модификацию системы планирования включают труд плановиков, программное и аппаратное обеспечение, проектную команду модификации системы планирования внутренних специалистов и внешних консультантов, административные и офисные расходы.

Критерии эффективности системы планирования

| Задачи планирования | Способ достижения | Функциональность передового планирования |
|---|--|--|
| Стратегическое согласование | Установление и контроль выполнения плановых и бюджетных показателей; Согласование планов по иерархии и цепочке создания стоимости | Ведение иерархических планов; Workflow для согласования; Контроль КПЭ планов |
| Сбалансированность ресурсов | Анализ мощностей; Вертикальная и горизонтальная синхронизация | Расчёт баланса ресурсов; Визуализация ограничений |
| Исполнимость планов | Контроль исполнения; Регулярное перепланирование | Автоматизированное перепланирование; Контроль статуса задач |
| Моделирование и анализ сценариев | Сценарное моделирование «что-если»; Многокритериальная оптимизация | Прогнозирование и сравнение сценариев; Оптимизационные алгоритмы |
| Автоматизация расчётов и оптимизация | Формализация критериев оптимальности; Автоматизация рутинных действий | Автоматизированный расчёт планов; Поддержка оптимизационных методик |
| Координация цепочки поставок | Совместное планирование между подразделениями | Единая среда данных; Инструменты для коллаборации |
| Обеспечение целостности и точности данных | Внедрение единых методик; Контроль качества входной информации | Платформа данных и процессов планирования; Интеграция данных по всем уровням |
| Клиентский сервис | Обеспечение надёжных сроков исполнения заказов | Прогнозирование сроков; Отчётность клиентам |
| Экономическая интеграция планов | Учет экономических параметров на этапе планирования; Создание основы для формирования бюджета | Экономическая оценка планов; Интеграция с бюджетированием |
| Быстрая реакция на изменения | Адаптация графиков; Обработка событий | Частичное перепланирование; Система уведомлений и контроля |

Источник: сост. автором по (Хан, 1997).

В таблице 3 систематизированы направления улучшения процессов планирования, показатели, а также значения, на которые эти показатели могут быть улучшены при внедрении передовой системы планирования.

Таблицы 3

Показатели эффектов от внедрения передовой системы планирования

| Направление | Показатель | Значение |
|---|--|----------|
| Повышение производительности | Сокращение количества переналадок и технологических переходов | 15–25 % |
| | Повышение загрузки оборудования | до 80 % |
| | Повышение производительности без увеличения численности и капитальных вложений | 20 % |
| | Повышение производительности оборудования | 20–30 % |
| Обеспечение высокого уровня клиентского сервиса на всех стадиях жизненного цикла заказа без дополнительных издержек | Точное определение даты отгрузки при приеме заказа. Срок на извещение клиентов о дате отгрузки | 1 день |
| | Увеличение числа заказов, отгруженных в срок | до 99 % |
| | Сокращение штрафов за просрочку отгрузки | 80 % |
| | Сокращение объема упущенной прибыли | 20 % |
| Исключение излишних затрат при работе по «нагонным» графикам | Снижение транспортных расходов на срочную доставку | 85 % |
| | Сокращение затрат на сверхурочные работы | 30 % |
| Повышение эффективности инвестиций | Защита инвестиций в программное обеспечение, снижение стоимости перехода на другую ERP систему | До 70 % |
| Снижение запасов по всей цепи поставок | Сокращение запасов ТМЦ | До 10 % |
| | Сокращение незавершенного производства | До 10 % |
| | Сокращение складских запасов готовой продукции | До 20 % |
| Повышение скорости выполнения заказов | Сокращение планового и фактического производственного цикла | 25–30 % |
| | Сокращение непроизводственных потерь времени | 10 % |
| | Оптимизация размеров страховых буферов и партий, снижение длительности производственного цикла | до 50 % |

Окончание табл. 3 на след. стр.

| Направление | Показатель | Значение |
|---|--|----------------|
| Повышение скорости процессов планирования | Быстрая подготовка сменных заданий, время на подготовку сменных заданий | 15–30 минут |
| | Быстрое изменение плана, время на пересчет плана | 5–10 минут |
| | Планирование с учётом поломок оборудования и переналадок, увеличение точности прогнозирования | до 50 % |
| | Сравнение разных моделей и стратегий, снижение времени на оценку планов и стратегий | до 1 дня |
| | Повышение надежности выходных данных, планов и расписаний | Реальное время |
| | Сокращение затрат на подготовку планов | 3–4 часа |
| Визуализация, эргономичность работы с информацией | Информирование клиентов о сроках отгрузки и их изменении, Срок на извещение клиентов о дате отгрузки | 1 день |
| | Визуализация по срокам отгрузки (опережения и задержки); Визуализация заказов для отделов сбыта, логистики, технического обслуживания; Визуализация процесса производства (распределение технологических потоков и заказов в очередях); Снижение затрат на получение достоверной информации о состоянии заказов | до 50 % |
| | Визуализация узких мест в производстве | Реальное время |
| | | |

Источник: сост. автором по (Корчевская, 2024).

Снижение производственных издержек (~20 %) достигается за счет внедрения оптимизированного расписания, учитывающего все ограничения, формируя такие эффекты как исключение непроизводительных затрат, минимизация потерь, рост выпуска без капитальных вложений. Повышение оборачиваемости активов реализуется через динамическое управление страховыми запасами на основе актуальных данных о спросе и поставках. Увеличивается скорость; выполнения заказов (для внешних и внутренних клиентов) за счет снижения времени ожидания; планирования благодаря эффективной работе с информацией.

Рассмотрим адаптацию предложенного подхода на практическом примере холдинга Синара — Транспортные Машины, который включает более 10 заводов единичного и мелкосерийного типа производства в таких отраслях, как железнодорожное машиностроение, производство городского общественного транспорта, изготовление промышленных двигателей внутреннего сгорания.

На первом этапе дана характеристика ситуации и сформулировано предлагаемое решение. С позиции данных для планирования производство характеризуется следующим: более 100 тыс. технологических операций; более десятка уровней вложенности спецификаций; более 100 рабочих центров, цехов и участков; сроки производства изделий больше 6 мес., горизонт планирования больше 1 года; планы меняются еженедельно; огромные массивы данных необходимо перепланировать быстро, а результаты планирования должны отображаться наглядно.

Дана положительная оценка имеющимся ИТ инструментам, поддерживающим базовые практики планирования. На заводском оперативном уровне осуществляется производственное планирование, учет исполнения операций, нормативно-справочная информация, в целом отмечается высокая степень автоматизации процессов планирования. На корпоративном уровне имеет информационную поддержку учет и контроль; консолидация, нормативно-справочная информация и совместное планирование продаж и операций; версионирование планов; хранение сценариев планов и утвержденной версии; основа для единой интеграционной шины по планам и фактам.

В то же время отмечено отсутствие ИТ-инструментов, обеспечивающих процессы планирования: с ограничением по мощностям; с возможностью многокритериальной оптимизации, связанности планов по вертикали (уровням управления) и горизонтали (функциям); коллаборативного расчета производственных планов предприятия и графикования производства. Исходя из этого следующие проблемы в планировании определены для решения в результате внедрения передовой системы сквозного планирования:

- трудоемкость и длительность балансировки, согласования, анализа «что-если» с учетом текущих ограничений и целевых индикаторов;

- отсутствие оперативных актуальных данных о ходе производственной программы, возможности оценки ситуации и принятия быстрого и верного управленческого решение;

— множественность графиков производства при этом исключительно организационными методами (без соответствующих ИТ-систем) невозможность обеспечения учета в каждом плане и графике всего комплекса ограничений, включая мощности, доступность ТМЦ, последовательность и длительность работ, ключевые показатели эффективности. Что ведет к тому, что нет однозначно верного задания на закупку и производство, а обещанные сроки не корректны;

— отсутствие ИТ инструмента с возможностью быстрой реакции на изменения спроса, отклонений в снабжении, процессах производства, оперативной перебалансировки производства, что негативно влияет на финансовый результат в условиях экономического кризиса.

Кроме внутренних проблем обеспечения планирования, отмечены также внутрифирменные предпосылки для модификации системы планирования. Быстро изменяются внутренние и внешние цепочки поставок — добавляются новые производственные площадки, происходят изменения на существующих. Эти изменения необходимо учитывать и управлять планами для получения максимального экономического эффекта, в т. ч. через оптимизацию и синхронизацию графиков кооперации, загрузки центров компетенций, загрузки высвобождающихся в программах повышения эффективности ресурсов, комплектности поставок, оптимальных производственных потоков.

Одновременно рыночные условия определяют необходимость клиентоориентированного подхода по всем цепочкам, горизонтальным и вертикальным на базе единого информационного поля и общих целей. Поскольку конкурентное преимущество на глобальном рынке определяет не одна организация, а цепь создания стоимости, в которую это организация включена.

Источниками данных для расчета служат первичные учетные документы, а также план-факт отчеты исполнения планов и договорных условий. Исходя из вышеизложенного в таблице 4 определены текущие целевые значения показателей эффективности внедрения передовой системы планирования.

С учетом полных затрат на модификацию системы планирования и оценки финансового-экономического эффекта по сокращению запасов, увеличению выручки без инвестиций в новые производственные мощности (за счет повышения загрузки существующих мощностей), снижению риска (в т. ч. резервов) по штрафным санкциям рассчитаны показатели проекта: внутренняя норма доходности 107,39 %; индекс прибыльность 7,72; NPV 111,5 млн руб.; срок

**Целевые значения показателей эффективности внедрения
передовой системы планирования**

| Наименование показателя | Базовое значение | Целевое значения |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Поставка заказчику техники точно в срок, % | 93 | 98 |
| Точно в срок выпуск продукции, % | 89 | 95 |
| Точно в срок производство полуфабрикатов, % | 85 | 95 |
| Точно в срок поставка покупных и комплектующих изделий, % | 74 | 95 |
| Объем запасов в цеховых кладовых, дней | 16 | 5 |
| Снижение объема запасов в цеховых кладовых, % | — | 35 |
| Объем запасов на центральном складе, дней | 87 | 15 |

Источник: сост. автором на материалах Синара — Транспортные Машины.

окупаемости 2,58 и 2,76 лет без учета и с учетом дисконтирования соответственно.

Обоснованная таким образом оценка эффективности внедрения передовой системы сквозного планирования послужила основанием для принятия положительного решения о реализации проекта модификации внутрифирменного планирования.

Выводы

В исследовании обоснована авторская методика оценки эффективности внедрения передовых систем сквозного планирования. Методика включает систематизацию этапов реализации проекта по модификации системы планирования через внедрение передовой системы сквозного планирования, подходы к выбору стадий вовлечения функций и бизнес-единиц, определение критериев эффективности системы планирования и показателей эффектов от внедрения передовой системы планирования.

Работа имеет важное теоретическое значение, поскольку раскрывает проблематику в условиях единичного и мелкосерийного типа производства и холдинговых (или иных форм) объединений, которая на сегодняшний момент недостаточно изучена. Практическая значимость подтверждена адаптацией методики на примере машиностроительного холдинга.

Можно предположить, что методика применима не только для холдингов, включающих заводы единичного и мелкосерийного типа производства, но и для других организационных условий и типов производств. Такой вывод допустим с учетом универсальности

рассмотренных в исследовании факторов и эффектов, включая внутрифирменные циклы, качество данных и человеческий фактор.

Заключение

В работе рассмотрены механизмы оценки эффективности для передовых системы планирования, основанных на математических подходах линейного программирования и традиционной модели производственных данных для планирования. Эти методы сохраняют свою актуальность и являются надежной основой для модификации систем сквозного планирования. В то же время в настоящий момент развитие получили как средства создания производственных данных, в т. ч. применимых для планирования, например, Интернет вещей или цифровые двойники, так и инструментарий обработки данных, в первую очередь искусственный интеллект, основанный на нейросетевых моделях. Именно эти тенденции определяют пути дальнейших исследований.

Исследование полезно широкому кругу пользователей: топ-менеджменту, экономистам и плановикам предприятий для планирования и технико-экономического обоснования проектов развития системы планирования; ученым и консультантам, специализирующимся на проблемах производственного планирования; представителям компаний по разработке и внедрению информационных систем передового планирования.

Список источников

Chen, C., Kong, T., Kan, W. (2023). Identifying the promising production planning and scheduling method for manufacturing in Industry 4.0: a literature review. *Production & Manufacturing Research*, 11, Article 2279329. <https://doi.org/10.1080/21693277.2023.2279329>

De Giovanni, M., Lazoi, M., Bandinelli, R., Fani, V. (2025). Advanced planning systems in production planning control: An ethical and sustainable perspective in fashion sector. *Applied Sciences*, 15(13), Article 7589. <https://doi.org/10.3390/app15137589>

Eriksson, K., Carlsson, L., Olsson, A. K. (2022). To digitalize or not? Navigating and merging human- and technology perspectives in production planning and control. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 122, 4365–4373. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09874-x>

Ivanov, D., Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>

Акбердина, В. В. (Ред.). (2024). *Промышленные платформы и экосистемы: монография*. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 278.

Канторович, Л. В., Немчинов, В. С., Новожилов, В. В. (1965). Лауреаты Ленинской премии 1965 г. *Экономика и математические методы*, 1(3), 463–464.

Корчевская, А. А., Хуторцова, А. Т., Гудырин, С. Н. и др. (2024). *Тренды и сценарии развития рынка систем расширенного планирования производства (APS-систем) в рамках направления «Технет» НТИ*. Экспертно-аналитический доклад: монография. Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 112. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/i24-276>

Струмилин, С. Г. (1959). *Избранные произведения: В 5 т. Т. 5*. Москва: Наука, 495.

Фомин, С. Г., Ермакова, Ж. А. (2024). Модернизация системы внутрифирменного производственного планирования на предприятиях. *Вестник Академии*, 4, 87–98. <https://doi.org/10.51409/v.a.2024.12.01.008>

Хан, Д. (1997). *Планирование и контроль: концепция контроллинга*. Москва: Финансы и статистика, 303.

References

Chen, C., Kong, T., Kan, W. (2023). Identifying the promising production planning and scheduling method for manufacturing in Industry 4.0: a literature review. *Production & Manufacturing Research*, 11, Article 2279329. <https://doi.org/10.1080/21693277.2023.2279329>

De Giovanni, M., Lazoi, M., Bandinelli, R., Fani, V. (2025). Advanced planning systems in production planning control: An ethical and sustainable perspective in fashion sector. *Applied Sciences*, 15(13), Article 7589. <https://doi.org/10.3390/app15137589>

Eriksson, K., Carlsson, L., Olsson, A. K. (2022). To digitalize or not? Navigating and merging human- and technology perspectives in production planning and control. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 122, 4365–4373. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09874-x>

Ivanov, D., Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>

Akberdina, V. V. (Ed.). (2024). *Promyshlennyye platformy i ekosistemy*: monografiya [Industrial platforms and ecosystems: Monograph]. Ekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN [Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences], 278. (In Russ.)

Kantorovich, L. V., Nemchinov, V. S., Novozhilov, V. V. (1965). Laureaty Leninskoi premii 1965 g. [Laureates of the Lenin Prize 1965]. *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and Mathematical Methods], 1(3), 463–464. (In Russ.)

Korchievskaya, A. A., Khutorstova, A. T., Gudyryn, S. N. et al. (2024). *Trendy i stsenarii razvitiia rynka sistem rasshirennogo planirovaniia proizvodstva (APS-sistem) v ramkakh napravleniia «Tekhnet» NТИ*. Ekspertno-analiticheskii doklad: monografiya [Trends and scenarios for the development of the advanced production

planning and scheduling (APS) systems market within the «Technet» NTI direction. Expert-analytical report: monograph]. Saint-Peterburg: POLITEKH-PRESS, 112. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/i24-276> (In Russ.)

Strumilin, S. G. (1959). *Izbrannye proizvedeniia: V 5 t. T. 5* [Selected works: In 5 vols. Vol. 5]. Moscow: Nauka, 495. (In Russ.)

Fomin, S. G., Ermakova, Zh. A. (2024). Modernizatsiia sistemy vnutrifirmennogo proizvodstvennogo planirovaniia na predpriiatiakh [Modernization of the intra-firm production planning system at enterprises]. *Vestnik Akademii [Bulletin of the Academy]*, 4, 87–98. <https://doi.org/10.51409/v.a.2024.12.01.008> (In Russ.)

Khan, D. (1997). *Planirovanie i kontrol: kontseptsiiia kontrollinga* [Planning and control: The concept of controlling]. Moscow: Financy i statistika, 303. (In Russ.)

Сведения об авторе

Фомин Семен Григорьевич — соискатель, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0009-0008-7462-850X>; SPIN-код: 8531-7632 (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: semaфом@gmail.com).

Semyon G. Fomin — applicant, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0009-0008-7462-850X>; SPIN-код: 8531-7632 (29 Moskovskaya St., 620014 Ekaterinburg, Russian Federation, e-mail: semaфом@gmail.com).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

Author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

УДК 681.5.015; 519.863; 332.014

JEL classification: C61, D81, P25

<https://doi.org/10.17059/dti-2025-27>

Методика оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики объекта цифровой промышленной экосистемы¹

А. Ф. Шориков

Институт экономики УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия).

<https://orcid.org/0000-0003-1255-0862>

Автор для корреспонденции: А. Ф. Шориков (shorikov.af@uiec.ru).

Аннотация. В статье рассматривается экономико-математическая модель производственного предприятия — объекта управления цифровой промышленной экосистемы, содержащая фазовый вектор, управляющее воздействие субъекта управления и априори неопределенное возмущение. Динамика объекта управления описывается конкретным дискретным векторно-матричным рекуррентным уравнением. Реализации фазового вектора, вектора управления, вектора спроса и вектора возмущения стеснены заданными геометрическими ограничениями, описываемыми соответствующими совместными конечными системами линейных алгебраических уравнений и неравенств. Рассматривается задача детерминированной апостериорной идентификации элементов действительных матриц, фигурирующих в уравнении модели динамики объекта управления. Для решения исследуемой задачи предлагается модификация метода оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики управляемого объекта, описываемой общим дискретным линейным векторно-матричным рекуррентным уравнением, из заданного множества моделей. Предлагаемый метод реализуется в виде конечной последовательности процедур, допускающих их алгоритмизацию. Представленные в статье результаты могут быть использованы при формировании математических моделей различных цифровых промышленных экосистем и других сложных динамических объектов и процессов.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, цифровая промышленная экосистема, дискретная управляемая динамическая система, детерминированная апостериорная идентификация, оптимизация идентификации

¹ © Шориков А.Ф. Текст. 2026.

A methodology for optimizing adaptive identification and selection of a model of the dynamics of a digital industrial ecosystem

A. Shorikov

Institute of Economics of the Ural Branch of RAS (Ekaterinburg, Russia).

<https://orcid.org/0000-0003-1255-0862>

Corresponding author: A. Shorikov (shorikov.af@uiec.ru).

Abstract. *This article examines an economic and mathematical model of a manufacturing enterprise — a control object in a digital industrial ecosystem containing a phase vector, a control action of the control subject, and an a priori uncertain disturbance. The dynamics of the control object are described by a specific discrete-time vector-matrix recurrence equation. Realizations of the phase vector, control vector, demand vector, and disturbance vector are constrained by specified geometric constraints described by the corresponding joint finite systems of linear algebraic equations and inequalities. The problem of deterministic a posteriori identification of elements of real matrices appearing in the equation of the model of the dynamics of the control object is considered. To solve the problem under study, a modification of the optimization method for adaptive identification and selection of a model of the dynamics of the controlled object, described by a general discrete-time linear vector-matrix recurrence equation, from a given set of models is proposed. The proposed method is implemented as a finite sequence of procedures that can be algorithmically implemented. The results presented in this article can be used to develop mathematical models for various digital industrial ecosystems and other complex dynamic objects and processes.*

Keywords: economic and mathematical modeling, digital industrial ecosystem, discrete controlled dynamic system, deterministic a posteriori identification, identification optimization

Введение

Решение задач прогнозирования и оценивания возможных состояний различных производственных систем связано с разработкой соответствующих динамических математических моделей, описывающих состояние значимых параметров рассматриваемого объекта или процесса, при наличии управляющих воздействий и неконтролируемых возмущений (погрешностей моделирования, помех, рисков и т. п.). Основными объектами управления любой цифровой промышленной экосистемы (ЦПЭС) являются производственные предприятия, и для описания их динамики желательно иметь соответствующие экономико-математические модели. Для формирования таких моделей необходимо решать задачу идентификации параметров модели, описывающей динамику рассматриваемого объекта производственной системы.

В статье рассматривается экономико-математическая модель производственного предприятия — объекта управления цифровой промышленной экосистемы, содержащая фазовый вектор, вектор управляющего воздействия субъекта управления, вектор спроса на продукцию предприятия и априори неопределенное возмущение. Динамика объекта управления описывается конкретным дискретным векторно-матричным рекуррентным уравнением. Реализации фазового вектора, вектора управления, вектора спроса и вектора возмущения стеснены заданными геометрическими ограничениями, описываемыми соответствующими совместными конечными системами линейных алгебраических уравнений и неравенств (КСЛАУН).

Для решения задачи детерминированной апостериорной идентификации элементов действительных матриц, фигурирующих в уравнении модели динамики объекта управления ЦПЭС, используется детерминированный подход (Акбердина, Василенко, 2021; Акбердина, Шориков, 2022; Красовский, 1968; Шориков, 1997; 2006; 2022; 2023; Шориков, Рассадина, 2012) и предлагается использовать модификацию метода оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики управляемого объекта, описываемой общим векторно-матричным линейным дискретным рекуррентным уравнением, из заданного множества моделей (Шориков, 2025), который реализуется в виде конечной последовательности процедур, допускающих их алгоритмизацию. В работе (Шориков, 2025) представлено более общее исследование для класса дискретных векторно-матричных линейных рекуррентных уравнений, описывающих динамику объекта управления.

Полученные в статье результаты могут быть использованы при формировании математических моделей различных технических, производственных, социально-экономических, медицинских и других сложных динамических объектов и процессов, модели которых представлены, например, в работах¹ (Бахтизин, 2008; Макаров, 2009; Макаров и др., 2021; Первозванский, 1975; Тер-Крикоров, 1977; Федоренко, 1977; Ширяев, Ширяев, 2020; Cheng & Xiao-Bing, 2013).

¹ Ширяев, В. И. (2006). Исследование операций и численные методы: учебное пособие. Москва: URSS-ЛЕНАНД, 216; Лотов, А. В. (1984). Введение в экономико-математическое моделирование. Москва: Наука, 392; Ашманов, С. А. (1984). Введение в математическую экономику. Москва: Наука, 293.

Описание динамики объекта управления цифровой промышленной экосистемы

Пусть на заданном целочисленном промежутке времени (далее – промежутке времени) $\overline{0, T} = \{0, 1, \dots, T\}$ ($T \in \mathbf{N}$; здесь и далее, \mathbf{N} – множество всех натуральных чисел) процесс управления выпуском продукции предприятия ЦПЭС согласно (Шориков, 2022; Шориков, Рассадина, 2012) описывается следующей системой дискретных линейных рекуррентных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} x(t+1) = \bar{A}(t)x(t) + \bar{u}(t) - \bar{s}(t) + \omega^{(1)}(t)(\varepsilon^{(1)}(t))', \\ x(0) = x_0 = 0_{\bar{n}}, \bar{s}(0) = \bar{s}_0, \\ z(t+1) = \tilde{A}(t)z(t) + v(t) - \bar{B}(t)\bar{u}(t) + \omega^{(2)}(t)(\varepsilon^{(2)}(t))', z(0) = z_0, \\ k(t+1) = \gamma(t)k(t) + \alpha \cdot \left(\langle c(t), \bar{s}(t) \rangle_{\bar{n}} - \langle q(t), l(t) \rangle_m - \langle p(t), \bar{A}(t)x(t) \rangle_{\bar{n}} - \right. \\ \left. - \langle d(t), \tilde{A}(t)z(t) \rangle_m \right) - \beta(t) \cdot G + \omega^{(3)}(t)\varepsilon^{(3)}(t), \\ k(0) = k_0 = G + G_0, \\ Z(t+1) = Z(t) + \langle q(t), l(t) \rangle_m + \langle p(t), \bar{A}(t)x(t) \rangle_{\bar{n}} + \langle d(t), \tilde{A}(t)z(t) \rangle_m + \\ + \beta(t)G + \omega^{(4)}(t)\varepsilon^{(4)}(t), \\ Z(0) = \langle p(0), x(0) \rangle_{\bar{n}} + \langle d(0), z(0) \rangle_m, t \in \overline{0, T-1}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где \bar{n} – общее количество видов готовой продукции предприятия, $\bar{n} \in \mathbf{N}$; m – общее количество типов производственных ресурсов, из которых можно произвести данную продукцию, $m \in \mathbf{N}$; $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{\bar{n}}(t))'$ – вектор объемов остатков готовой продукции, хранящейся на складах предприятия в период времени t , $x(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$, $t \in \overline{0, T}$ (здесь и далее, для $\delta \in \mathbf{N}$, \mathbf{R}^{δ} – δ -мерное векторное пространство вектор-столбцов, даже если, из экономии места, они записаны в строку); $0_{\bar{n}} = \underbrace{(0, 0, \dots, 0)}_{\bar{n}}' \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_m(t))'$ – вектор объемов остатков производственных ресурсов, хранящихся на складах предприятия в период времени t , $z(t) \in \mathbf{R}^m$, $t \in \overline{0, T-1}$; если в начале периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ на складе имелись запасы готовой продукции в количестве $x(t)$, то к концу этого периода для реализации будет годна только ее часть, равная

$\bar{A}(t)x(t)$, где $\bar{A}(t) = \left\| \bar{a}_{jj}(t) \right\|_{j \in \overline{1, \bar{n}}}$ — диагональная матрица размерности

$(\bar{n} \times \bar{n})$, характеризующая «старение» продукции за этот период; для запасов производственных ресурсов, описываемых вектором $z(t)$, к концу периода $t \in \overline{0, T-1}$, для использования в производстве будет годна только их часть, равная $\tilde{A}(t)z(t)$, где $\tilde{A}(t) = \left\| \tilde{a}_{ii}(t) \right\|_{i \in \overline{1, m}}$ — диагональная матрица размерности $(m \times m)$, характеризующая «старение» производственных ресурсов за этот период времени;

$\bar{B}(t) = \left\| \bar{b}_{ij}(t) \right\|_{\substack{i \in \overline{1, m} \\ j \in \overline{1, \bar{n}}}}$ — матрица норм затрат производственных ре-

сурсов в период времени t размерности $(m \times \bar{n})$, $t \in \overline{0, T-1}$ ($\bar{b}_{ij}(t)$ — количество производственного ресурса i -го типа, необходимого для изготовления единичного объема продукции j -го вида, $i \in \overline{1, m}$, $j \in \overline{1, \bar{n}}$); $\bar{u}(t) = (\bar{u}_1(t), \bar{u}_2(t), \dots, \bar{u}_n(t))'$ — вектор интенсивностей производства готовой продукции в период времени t , $\bar{u}(t) \in \mathbf{R}^n$, $t \in \overline{0, T-1}$; $\bar{v}(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_m(t))'$ — вектор интенсивностей пополнения производственных ресурсов в период времени t , $\bar{v}(t) \in \mathbf{R}^m$, $t \in \overline{0, T-1}$; $\bar{\varepsilon}(t) = ((\varepsilon^{(1)}(t))', (\varepsilon^{(2)}(t))', \varepsilon^{(3)}(t), \varepsilon^{(4)}(t))'$ — вектор рисков (неконтролируемых возмущений) в системе в период времени t , $\bar{\varepsilon}(t) \in \mathbf{R}^{n+m+2}$, $t \in \overline{0, T-1}$; $\bar{\omega}(t) = ((\omega^{(1)}(t))', (\omega^{(2)}(t))', \omega^{(3)}(t), \omega^{(4)}(t))'$ — заданный вектор в период времени t , $\bar{\omega}(t) \in \mathbf{R}^{n+m+2}$, $t \in \overline{0, T-1}$; $\bar{s}(t) = (\bar{s}_1(t), \bar{s}_2(t), \dots, \bar{s}_n(t))'$ — заданный (прогнозируемый) вектор объемов спроса на готовую продукцию, выпускаемую в период времени t , $\bar{s}(t) \in \mathbf{R}^n$, $t \in \overline{0, T-1}$; $\bar{s}_0 = (\bar{s}_1(0), \bar{s}_2(0), \dots, \bar{s}_n(0))'$ — вектор начального объема спроса на готовую продукцию при реализации процесса управления в начальный период времени (при $t = 0$), $\bar{s}_0 \in \mathbf{R}^n$; $\bar{z}(0) = (z_1(0), z_2(0), \dots, z_m(0))' = z_0$ — вектор начального объема производственных ресурсов при реализации процесса управления в начальный период времени (при $t = 0$), $\bar{z}_0 \in \mathbf{R}^m$; финансовые средства на инвестиции в расширение производства в начальный период управления (при $t = 0$) предприятие предполагает формировать на основе банковского кредита в объеме G и собственных финансовых ресурсов G_0 , отчисляемых от чистой прибыли и направляемых на расширение производства; $k(t)$ — количество доступных финансовых средств, имеющих к началу периода $t \in \overline{0, T-1}$; $\gamma(t)$ — числовой коэффициент ($0 \leq \gamma(t) \leq 1$), характеризующий «непредвиденные издержки» финансовых ресурсов за период $t \in \overline{0, T-1}$; a — коэффициент, учитывающий долю налоговых отчислений от прибыли; $\beta(t) = r / 100 + \beta_c(t)$, здесь r — годовая процентная ставка за пользование кредитом, $\beta_c(t)$ — доля возвраща-

емого кредита в период $t \in \overline{0, T-1}$; $c(t) = (c_1(t), c_2(t), \dots, c_{\bar{n}}(t))'$ – вектор реальных закупочных цен на реализованную продукцию, произведенную предприятием в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $c(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $q(t) = (q_1(t), q_2(t), \dots, q_m(t))'$ – вектор реальных цен на производственные ресурсы, необходимые предприятию для производства продукции в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $q(t) \in \mathbf{R}^m$; $p(t) = (p_1(t), p_2(t), \dots, p_{\bar{n}}(t))'$ – вектор затрат предприятия на хранение на складе остатков готовой продукции в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $p(t) \in \mathbf{R}^{\bar{n}}$; $d(t) = (d_1(t), d_2(t), \dots, d_m(t))'$ – вектор затрат предприятия на хранение на складе остатков производственных ресурсов в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $d(t) \in \mathbf{R}^m$;

вектор $l(t) = \left(\langle \bar{b}_1^{(1)}(t), \bar{u}(t) \rangle_{\bar{n}}, \langle \bar{b}_2^{(1)}(t), \bar{u}(t) \rangle_{\bar{n}}, \dots, \langle \bar{b}_m^{(1)}(t), \bar{u}(t) \rangle_{\bar{n}} \right)' \in \mathbf{R}^m$;

вектор $\bar{b}_i^{(1)}(t) = (\bar{b}_{i1}(t), \bar{b}_{i2}(t), \dots, \bar{b}_{i\bar{m}}(t))' \in \mathbf{R}^{\bar{m}}$, $i \in \overline{1, m}$, $t \in \overline{0, T-1}$; $Z(t)$ – общие суммарные издержки предприятия за t периодов времени, $t \in \overline{0, T-1}$.

Отметим, что параметры $\bar{A}(t), \tilde{A}(t), \bar{B}(t), \omega(t), \bar{s}(t), c(t), q(t), p(t), d(t), \alpha, \beta(t), \gamma(t), t \in \overline{0, T-1}, x_0, z_0, k_0, G, G_0$ в системе (1), должны быть известны заранее (например, формироваться исходя из имеющихся статистических данных о рассматриваемом процессе, технических и экономических прогнозов и др. источников путем применения методов оценивания данных и идентификации параметров рассматриваемой системы).

Пусть вектор $y(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{\bar{n}}(t), z_1(t), z_2(t), \dots, z_m(t))' = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t))'$ является фазовым вектором объекта управления – производственного предприятия ЦПЭС – объекта I, в период времени $t \in \overline{0, T}$, $y(t) \in \mathbf{R}^n$, где $\bar{n} = n + m + 2$; вектор $u(t) = (\bar{u}_1(t), \bar{u}_2(t), \dots, \bar{u}_{\bar{n}}(t), v_1(t), v_2(t), \dots, v_m(t))'$ является вектором управляющего воздействия (управления) для системы (1) в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $u(t) \in \mathbf{R}^p$, которым распоряжается хозяйствующий субъект ЦПЭС –

агент E, где $p = \bar{n} + m$; вектор $s(t) = \left(\bar{s}_1(t), \bar{s}_2(t), \dots, \bar{s}_{\bar{n}}(t), \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{m+2} \right)' = (s_1(t),$

$s_2(t), \dots, s_n(t))'$ является вектором спроса на продукцию предприятия для системы (1) в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $s(t) \in \mathbf{R}^n$, и полагается заданным; вектор $\varepsilon(t) = (\varepsilon^{(1)}(t))', (\varepsilon^{(2)}(t))', \varepsilon^{(3)}(t), \varepsilon^{(4)}(t))' = (\varepsilon_1(t), \varepsilon_2(t), \dots, \varepsilon_n(t))'$ является вектором априори неопределенных рисков (возмущений) для объекта I в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $\varepsilon(t) \in \mathbf{R}^n$.

Далее, на основании системы (1) рассмотрим дискретную векторно-матричную линейную управляемую динамическую систему – производственную A-систему, которая может быть исполь-

зована для описания динамики, а также имеющихся технико-экономических и ресурсных ограничений для различных процессов предприятия, включая управление процессом выпуска продукции производственным предприятием ЦПЭС при прогнозируемой или заданной функции спроса на продукцию предприятия при наличии априори неопределенных рисков (возмущений).

На заданном целочисленном промежутке времени $\overline{0, T}$ ($T \in \mathbf{N}$) рассматривается производственная A -система, которая описывает процесс выпуска продукции объектом I — производственным предприятием ЦПЭС, управляемым субъектом управления ЦПЭС — агентом E .

Тогда систему дискретных линейных рекуррентных уравнений вида (1), которая моделирует динамику объекта I — предприятия рассматриваемой производственной A -системы, можно представить в форме дискретного векторно-матричного линейного рекуррентного уравнения вида:

$$y(t+1) = A(t)y(t) + B(t)u(t) - s(t) + \omega(t)(\varepsilon(t))', y(0) = y_0, t \in \overline{0, T-1}, \quad (2)$$

где $A(t)$ и $B(t)$ есть действительные матрицы размерностей $(n \times n)$ и $(n \times p)$ соответственно, элементы которых формируются из системы (1) и их вид подробно описывается в работе (Шориков, Рассадина, 2012); $(y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t))'$ — фазовый вектор объекта I в период времени $t \in \overline{0, T}$, $y(t) \in \mathbf{R}^n$ (y_0 — заданное начальное значение фазового вектора); $(u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))'$ — вектор управляющего воздействия (управления) хозяйствующего субъекта ЦПЭС — агента E в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $u(t) \in \mathbf{R}^p$; $s(t) = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t))'$ — вектор спроса на продукцию предприятия в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $s(t) \in \mathbf{R}^n$; $\varepsilon(t) = (\varepsilon_1(t), \varepsilon_2(t), \dots, \varepsilon_n(t))'$ — вектор априори неопределенных рисков (возмущений) в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $\varepsilon(t) \in \mathbf{R}^n$; $\omega(t) = (\omega_1(t), \omega_2(t), \dots, \omega_n(t))'$ — заданный вектор, который характеризует уровень влияния рисков на динамику рассматриваемого объекта I в период времени $t \in \overline{0, T-1}$, $\omega(t) \in \mathbf{R}^n$.

Сформированное векторно-матричное уравнение (2) позволяет моделировать динамику многошагового процесса управления выпуском продукции конкретным производственным предприятием рассматриваемой ЦПЭС, т. е. объектом I производственной A -системы, в зависимости от заданных начальных условий для его фазового вектора и конкретных реализаций — управляющего воздействия (управления) агента E , вектора спроса и вектора рисков.

Предполагается, что реализации параметров модели динамики вида (1), должны удовлетворять следующим заданным геометрическим ограничениям:

$$\forall t \in \overline{0, T}: y(t) \in \mathbf{Y}_*(t) \subset \mathbf{R}^n, \mathbf{Y}_*(t) = \{y(t): y(t) \in \mathbf{R}^n, D(t)x(t) \leq d(t)\} \neq \emptyset; \quad (3)$$

$$\forall t \in \overline{0, T-1}: u(t) \in \mathbf{U}_*(t) \subset \mathbf{R}^p, \mathbf{U}_*(t) = \{u(t): u(t) \in \mathbf{R}^p, E(t)u(t) \leq e(t)\} \neq \emptyset; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & (\forall t \in \overline{0, T-1}) \wedge (\forall u(t) \in \mathbf{U}_*(t)): \varepsilon(t) \in \mathbf{E}_*(t; u(t)) \subset \mathbf{R}^n, \\ & \mathbf{E}_*(t; u(t)) = \{\varepsilon(t): \varepsilon(t) \in \mathbf{R}^n, L(t)\varepsilon(t) + K(t)u(t) \leq l(t)\} \neq \emptyset, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\forall t \in \overline{0, T-1}: s(t) \in \mathbf{S}_*(t) \subset \mathbf{R}^n, \mathbf{S}_*(t) = \{s(t): s(t) \in \mathbf{R}^n, M(t)s(t) \leq m(t)\} \neq \emptyset; \quad (6)$$

где действительные матрицы $D(t)$, $E(t)$, $L(t)$, $K(t)$ и $M(t)$ размерностей $(k \times n)$, $(l \times p)$, $(m \times n)$, $(m \times p)$ и $(q \times p)$ соответственно ($k, l, m, q \in \mathbf{N}$), а векторы $d(t) \in \mathbf{R}^k$, $e(t) \in \mathbf{R}^l$, $l(t) \in \mathbf{R}^m$ и $m(t) \in \mathbf{R}^q$ (здесь и далее, в матричных неравенствах символы $\leq, =, \geq$ обозначают соответствующее покоординатное сравнение векторов).

Полагается, что для всех периодов времени $t \in \overline{0, T}$ КСЛАУН, фигурирующие в ограничениях (3) – (6), являются совместными и множества $\mathbf{Y}_*(t)$, $\mathbf{U}_*(t)$, $\mathbf{E}_*(t; u(t))$ и $\mathbf{S}_*(t)$ есть многогранники-компакты (с конечным числом вершин) в пространствах \mathbf{R}^n , \mathbf{R}^p , \mathbf{R}^n и \mathbf{R}^n соответственно.

Постановка задачи идентификации параметров модели динамики объекта управления ЦПЭС

Рассматривается дискретная линейная управляемая динамическая система вида (1)–(6), которую будем называть производственной A -системой. Эта производственная система описывает динамику фазового вектора объекта I – производственного предприятия A -системы при наличии векторов – управления, спроса и априори неопределенных рисков (возмущений), а также ограничения на их реализации.

Предполагается, что для фиксированных целочисленных периодов времени $\vartheta \in \mathbf{N}$ и $t \in \overline{0, T-1}$, агенту E известна история реализаций вектор-функций $y^*(\cdot) = \{y^*(t)\}_{t \in \overline{-\vartheta, \tau}}$ ($\forall t \in \overline{-\vartheta, \tau}: y^*(t) \in \mathbf{Y}_*(t)$), $u^*(\cdot) = \{u^*(t)\}_{t \in \overline{-\vartheta, \tau-1}}$ ($\forall t \in \overline{-\vartheta, \tau-1}: u^*(t) \in \mathbf{U}_*(t)$), $s^*(\cdot) = \{s^*(t)\}_{t \in \overline{-\vartheta, \tau-1}}$ ($\forall t \in \overline{-\vartheta, \tau-1}: s^*(t) \in \mathbf{S}_*(t)$), и $\varepsilon^*(\cdot) = \{\varepsilon^*(t)\}_{t \in \overline{-\vartheta, \tau-1}}$ ($\forall t \in \overline{-\vartheta, \tau-1}: \varepsilon^*(t) \in \mathbf{E}_*(t)$) соответственно фазового вектора объекта I A -системы, вектора управляющего воздействия агента E , вектора спроса и вектора рисков (возмущений) за периоды времени, предшествующие периоду t .

Аналогично, как и в работе (Шориков, 2025), сформулируем следующую задачу детерминированной апостериорной идентификации параметров модели динамики объекта I производственной A -системы, описывающей соотношениями (1)–(6) динамику фазового вектора объекта I – производственного предприятия A -системы.

мы и ограничения на ее параметры при реализации процесса выпуска продукции предприятием.

Задача 1. Для рассматриваемой на промежутке времени $\overline{-9, \tau}$ ($9 \in \mathbf{N}; T \in \mathbf{N}$) производственной A -системы, заданного периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ и известной агенту E истории реализаций вектор-функций $y^*(\cdot) = \{y^*(t)\}_{t \in \overline{-9, \tau}}$ ($\forall t \in \overline{-9, \tau}: y^*(t) \in \mathbf{Y}_*(t)$), $u^*(\cdot) = \{u^*(t)\}_{t \in \overline{-9, \tau-1}}$ ($\forall t \in \overline{-9, \tau-1}: u^*(t) \in \mathbf{U}_*(t)$), $s^*(\cdot) = \{s^*(t)\}_{t \in \overline{-9, \tau-1}}$ ($\forall t \in \overline{-9, \tau-1}: s^*(t) \in \mathbf{S}_*(t)$), и $\varepsilon^*(\cdot) = \{\varepsilon^*(t)\}_{t \in \overline{-9, \tau-1}}$ ($\forall t \in \overline{-9, \tau-1}: \varepsilon^*(t) \in \mathbf{E}_*(t)$), соответственно фазового вектора объекта I , вектора управляющего воздействия агента E , вектора спроса и вектора рисков рассматриваемой A -системы за периоды времени, предшествующие периоду τ , агенту E требуется для каждого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ сформировать действительные матрицы $A(t)$ и $B(t)$ порядков $(n \times n)$ и $(n \times p)$ соответственно, и вектор $\omega(t) \in \mathbf{R}^n$, определяющие дискретное векторно-матричное линейное рекуррентное уравнение (2), описывающее динамику объекта I A -системы в период времени t , т. е. требуется решить задачу детерминированной апостериорной идентификации параметров уравнения динамики объекта I вида (2) рассматриваемой A -системы и представить решение этой задачи путем реализации конечной последовательности операций, допускающих их алгоритмизацию.

Отметим, что решение сформулированной задачи 1 допускает и бесконечное множество решений, т. е. бесконечное множество моделей вида (2), описывающих динамику объекта I — предприятия производственной A -системы. Тогда возникает задача о выборе такого ее решения, чтобы оно было оптимальным в соответствии с заданным критерием селекции моделей.

Для решения сформулированной задачи 1 — детерминированной апостериорной идентификации параметров уравнения динамики объекта I вида (2) рассматриваемой производственной A -системы предлагается использовать модификацию метода оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики управляемого объекта I (Шориков, 2025), описываемой дискретным векторно-матричным линейным рекуррентным уравнением вида (2), из заданного множества моделей. Отметим, что этот метод является обобщением и развитием комбинированного адаптивного итерационного метода решения задачи апостериорной идентификации (Шориков, 2023) и сочетает процедуры формирования множества допустимых моделей, решения формируемой КСЛАУН, использования дополнения исходных данных и формирования дополнительных КСЛАУ, который реализуется в виде конечной после-

довательности алгебраических операций в соответствующих конечномерных векторных пространствах.

Пусть для любого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ матрицы $A(t)$ и $B(t)$ размерностей $(n \times n)$, и $(n \times p)$ соответственно, и вектор $\omega(t)$ имеют следующий вид: $A(t) = \left\| a_{ij}(t) \right\|_{\substack{i \in \overline{1, n} \\ j \in \overline{1, n}}}$; $B(t) = \left\| b_{ij}(t) \right\|_{\substack{i \in \overline{1, n} \\ j \in \overline{1, p}}}$; $\omega(t) = (\omega_1(t), \omega_2(t), \dots, \omega_n(t)) \in \mathbf{R}^n$. Тогда элементы матриц $A(t)$, $B(t)$ и вектора $\omega(t)$ являются неизвестными параметрами рассматриваемой задачи детерминированной апостериорной идентификации.

Решение задачи 1 рассматривается при выполнении следующего условия, которое упрощает описание предлагаемого метода.

Условие 1. Для рассматриваемой на промежутке времени $[-\vartheta, \tau]$ ($\vartheta \in \mathbf{N}$; $T \in \mathbf{N}$) производственной A -системы и заданного периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ предполагается, что на целочисленном промежутке времени $[-\vartheta, \tau]$ элементы матриц $A(t)$, $B(t)$ и вектора $\omega(t)$ в уравнении динамики объекта I вида (1) являются стационарными, т. е. для любых периодов времени $t, \theta \in [-\vartheta, \tau - 1]$, $t \neq \theta$, для всех целочисленных индексов $i, j \in \overline{1, n}$ выполняются равенства: $a_{ij}(t) = a_{ij}(\theta) = \frac{a_{ij}}{t}$, $\omega_i(t) = \omega_i(\theta) = \omega_i$, а для всех целочисленных индексов $i \in \overline{1, n}$, $j \in \overline{1, p}$, выполняются равенства: $b_{ij}(t) = b_{ij}(\theta) = b_{ij}$.

Методика решения задачи идентификации параметров модели динамики объекта управления ЦПЭС при наличии рисков

При выполнении условия 1 общую схему предлагаемого метода оптимизации идентификации и селекции искомой модели динамики объекта I, описываемой дискретным векторно-матричным линейным рекуррентным уравнением вида (2), можно представить в виде нижеследующей последовательности действий.

1. В каждый период времени $t \in \overline{0, T-1}$ в процессе идентификации агент E измеряет набор $\{y^*(\tau), u^*(\tau), s^*(\tau), \varepsilon^*(\tau)\} \in \mathbf{Y}_*(\tau) \times \mathbf{U}_*(\tau) \times \mathbf{S}_*(\tau) \times \mathbf{E}_*(\tau; u^*(\tau))$, который запоминается.

2. Полагается, что элементы искомых матриц $A = \left\| a_{ij} \right\|_{\substack{i \in \overline{1, n} \\ j \in \overline{1, n}}}$, $B = \left\| b_{ij} \right\|_{\substack{i \in \overline{1, n} \\ j \in \overline{1, p}}}$ и вектора $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) \in \mathbf{R}^n$ выбираются из заданного множества, которое для каждого набора $\{y^*(\tau), u^*(\tau), s^*(\tau), \varepsilon^*(\tau)\} \in \mathbf{Y}_*(\tau) \times \mathbf{U}_*(\tau) \times \mathbf{S}_*(\tau) \times \mathbf{E}_*(\tau; u^*(\tau))$ является множеством решений следующей совместной КСЛАН из $n \cdot (n + p + 1)$ неизвестными при заданном фазовом ограничении вида (3):

$$\left. \begin{aligned}
 & a_{11}y_1^*(-\vartheta) + \dots + a_{1n}y_n^*(-\vartheta) + b_{11}u_1^*(-\vartheta) + \dots + b_{1p}u_p^*(-\vartheta) - \\
 & -s_1^*(-\vartheta) + \omega_1\varepsilon_1^*(-\vartheta) = y_1^*(-\vartheta + 1), \\
 & \dots \\
 & a_{n1}y_1^*(-\vartheta) + \dots + a_{nn}y_n^*(-\vartheta) + b_{n1}u_1^*(-\vartheta) + \dots + b_{np}u_p^*(-\vartheta) - \\
 & -s_n^*(-\vartheta) + \omega_n\varepsilon_n^*(-\vartheta) = y_n^*(-\vartheta + 1), \\
 & \dots \\
 & a_{11}y_1^*(t) + \dots + a_{1n}y_n^*(t) + b_{11}u_1^*(t) + \dots + b_{1p}u_p^*(t) - \\
 & -s_1^*(t) + \omega_1\varepsilon_1^*(t) = y_1^*(t + 1), \\
 & \dots \\
 & a_{n1}y_1^*(t) + \dots + a_{nn}y_n^*(t) + b_{n1}u_1^*(t) + \dots + b_{np}u_p^*(t) - \\
 & -s_n^*(t) + \omega_n\varepsilon_n^*(t) = y_n^*(t + 1), t \in \overline{-\vartheta + 1, \tau - 2}, \\
 & \dots \\
 & a_{11}y_1^*(\tau - 1) + \dots + a_{1n}y_n^*(\tau - 1) + b_{11}u_1^*(\tau - 1) + \dots + b_{1p}u_p^*(\tau - 1) - \\
 & -s_1^*(\tau - 1) + \omega_1\varepsilon_1^*(\tau - 1) = y_1^*(\tau), \\
 & \dots \\
 & a_{n1}y_1^*(\tau - 1) + \dots + a_{nn}y_n^*(\tau - 1) + b_{n1}u_1^*(\tau - 1) + \dots + b_{np}u_p^*(\tau - 1) - \\
 & -s_n^*(\tau - 1) + \omega_n\varepsilon_n^*(\tau - 1) = y_n^*(\tau), \\
 & \sum_{j=1}^n \alpha_{1j}a_{1j} + \sum_{j=1}^p \beta_{1j}b_{1j} - s_1^*(\tau) + \gamma_1\omega_1 \leq \delta_1, \\
 & \sum_{j=1}^n \alpha_{2j}a_{2j} + \sum_{j=1}^p \beta_{2j}b_{2j} - s_2^*(\tau) + \gamma_2\omega_2 \leq \delta_2, \\
 & \dots \\
 & \sum_{j=1}^n \alpha_{nj}a_{nj} + \sum_{j=1}^p \beta_{nj}b_{nj} - s_n^*(\tau) + \gamma_n\omega_n \leq \delta_n, \\
 & \left[Ay^*(\tau) + Bu^*(\tau) - s^*(\tau) + \omega \cdot (\varepsilon^*(\tau))' \right] \in Y_n(\tau + 1),
 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

8. Отметим, что множество решений КСЛАУН (13) является пересечением множества решений КСЛАН (7) с множеством решений КСЛАУ, входящей в КСЛАУН (13), которую обозначим КСЛАУ I.

Прежде чем находить множество решений КСЛАУ I, необходимо провести анализ имеющихся входных данных, т. е. значений наборов параметров для задачи идентификации. Причем если справедливо равенство: $n \cdot (\vartheta + \tau) = n \cdot (n + p + 1)$ и ее основная матрица является невырожденной, то ее решение (в силу теоремы Крамера) существует и является единственным, тогда это решение позволяет сформировать единственную модель динамики объекта I вида (2).

9. В случае, если история реализаций фазового вектора $y^*(t)$ объекта I, $t \in -\vartheta, \tau$, управляющего воздействия $u^*(t)$ агента E, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, вектора спроса $s^*(t)$, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, и вектора рисков $\varepsilon^*(t)$, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, такова, что КСЛАУ I имеет бесконечное множество решений, то моделей динамики объекта I вида (2), соответствующих имеющимся данным, возможно бесконечно много. В этом случае формируется зависимость базисных неизвестных величин КСЛАУ I от ее свободных неизвестных. Тогда, подставляя произвольные числовые значения свободных неизвестных переменных, будем получать различные модели вида (2), описывающие динамику объекта I рассматриваемой A-системы, из которых, например, на основании введения дополнительного критерия ее качества, можно сформировать конкретную динамическую модель, пригодную для решения, например, задач оптимального программного или адаптивного управления терминальным (финальным) состоянием фазового вектора объекта I A-системы при заданной целевой функции.

10. В случае если имеющихся данных для формирования однозначного или многозначного решений этой системы не хватает, т. е. для имеющегося набора данных решение КСЛАУ I отсутствует — система не является совместной, то для каждой координаты истории реализаций фазового вектора $y^*(t) = (y_1^*(t), y_2^*(t), \dots, y_n^*(t))' \in \mathbf{R}^n$ объекта I, $t \in -\vartheta, \tau$, вектора управляющего воздействия $u^*(t) = (u_1^*(t), u_2^*(t), \dots, u_p^*(t))' \in \mathbf{R}^p$ агента E, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, вектора спроса $s^*(t) = (s_1^*(t), s_2^*(t), \dots, s_n^*(t))' \in \mathbf{R}^n$, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, и вектора рисков $\varepsilon^*(t) = (\varepsilon_1^*(t), \varepsilon_2^*(t), \dots, \varepsilon_n^*(t))' \in \mathbf{R}^n$, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, вычисление недостающих значений этих параметров $\tilde{y}(t) = (\tilde{y}_1(t), \tilde{y}_2(t), \dots, \tilde{y}_n(t))' \in \mathbf{R}^n$, $t \in (\theta, \theta + 1) \subset \mathbf{R}^1$, $\theta \in -\vartheta, \tau - 1$, $\tilde{u}(t) = (\tilde{u}_1(t), \tilde{u}_2(t), \dots, \tilde{u}_p(t))' \in \mathbf{R}^p$, $t \in (\theta, \theta + 1) \subset \mathbf{R}^1$, $\theta \in -\vartheta, \tau - 2$, $\tilde{s}(t) = (\tilde{s}_1(t), \tilde{s}_2(t), \dots, \tilde{s}_p(t))' \in \mathbf{R}^n$, $t \in (\theta, \theta + 1) \subset \mathbf{R}^1$, $\theta \in -\vartheta, \tau - 2$, и $\tilde{\varepsilon}(t) = (\tilde{\varepsilon}_1(t), \tilde{\varepsilon}_2(t), \dots, \tilde{\varepsilon}_n(t))' \in \mathbf{R}^n$, $t \in (\theta, \theta + 1) \subset \mathbf{R}^1$, $\theta \in -\vartheta, \tau - 2$, осуществляется, например, по следующим формулам:

$$\tilde{x}_i(t) = \mu \cdot x_i^*(\theta) + (1 - \mu) \cdot x_i^*(\theta + 1), t \in (\theta, \theta + 1), \theta \in -\vartheta, \tau - 1, \mu \in (0, 1), i \in \overline{1, n}; \quad (14)$$

$$\tilde{u}_j(t) = \mu \cdot u_j^*(\theta) + (1 - \mu) \cdot u_j^*(\theta + 1), t \in (\theta, \theta + 1), \theta \in -\vartheta, \tau - 2, \mu \in (0, 1), j \in \overline{1, p}; \quad (15)$$

$$\tilde{s}_i(t) = \mu \cdot s_i^*(\theta) + (1 - \mu) \cdot s_i^*(\theta + 1), t \in (\theta, \theta + 1), \theta \in -\vartheta, \tau - 2, \mu \in (0, 1), i \in \overline{1, n}, \quad (16)$$

$$\tilde{\varepsilon}_i(t) = \mu \cdot \varepsilon_i^*(\theta) + (1 - \mu) \cdot \varepsilon_i^*(\theta + 1), t \in (\theta, \theta + 1), t \in (\theta, \theta + 1), \theta \in -\vartheta, \tau - 2, \mu \in (0, 1), i \in \overline{1, n}, \quad (17)$$

которые позволяют увеличить объем имеющихся данных за счет формирования новых допустимых значений $\tilde{x}_i(t)$, $\tilde{u}_j(t)$, $\tilde{s}_i(t)$ и $\tilde{\varepsilon}_i(t)$, $i \in \overline{1, n}, j \in \overline{1, p}$.

Таким образом, недостающие данные для решения КСЛАУ I вычисляются, например, по формулам (14) – (17) в таком объеме, чтобы сформировать единственное или бесконечное множество решений КСЛАУ I.

11. Отметим, что в случае если имеющиеся данные об истории реализаций фазового вектора $y^*(t)$ объекта I, $t \in -\vartheta, \tau$, управляющего воздействия $u^*(t)$ агента E, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, вектора спроса $s^*(t)$, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, и вектора рисков $\varepsilon^*(t)$, $t \in -\vartheta, \tau - 1$, таковы, что для КСЛАУ I ранг ее основной матрицы равен рангу расширенной матрицы, не равен числу неизвестных и больше нуля, то в силу теоремы Кронекера-Капелли она совместна и имеет бесконечное множество решений. Следовательно, моделей динамики объекта I вида (2) рассматриваемой производственной A-системы, соответствующих имеющимся данным, возможно бесконечно много. В этом случае формируется зависимость неизвестных базисных величин КСЛАУ I от ее свободных неизвестных. Тогда, подставляя произвольные числовые значения свободных неизвестных величин, будем получать различные модели вида (2), описывающие динамику объекта I производственной A-системы.

Пусть множество

$$\mathbf{M} = \left\{ A = \left\| a_{ij} \right\|_{\substack{i \in \overline{1, n} \\ j \in \overline{1, n}}}; B = \left\| b_{ij} \right\|_{\substack{i \in \overline{1, n} \\ j \in \overline{1, p}}}; \omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) \right\} \subseteq \Lambda$$

есть бесконечное множество решений КСЛАУ I вида (13), которое является выпуклым многогранником-компактом с конечным числом вершин в пространстве $\mathbf{R}^{n(n+p+1)}$. Тогда можно сформировать следующее множество из N элементов ($N \in \mathbf{N}$):

$$\mathbf{M}_N = \left\{ \left\{ A_N^{(k)} \right\} = \left\| a_{ij}^{(k)} \right\|_{\substack{i \in \overline{1, N}; \\ j \in \overline{1, n}}}; \left\{ B_N^{(k)} \right\} = \left\| b_{ij}^{(k)} \right\|_{\substack{i \in \overline{1, N}; \\ j \in \overline{1, p}}}; \right. \\ \left. \omega_N^{(k)} = \left(\omega_1^{(k)}, \omega_2^{(k)}, \dots, \omega_n^{(k)} \right)' \right\}_{k \in \overline{1, N}} \subset \mathbf{M},$$

которое является конечной внутренней аппроксимацией (с заданной точностью) множества \mathbf{M} .

12. На основании выполненных измерений в периоды времени τ и $(\tau + 1)$ агенту E известен набор $\{y^*(\tau), u^*(\tau), s^*(\tau), \varepsilon^*(\tau), y^*(\tau + 1)\} \in \mathbf{Y}_*(\tau) \times \mathbf{U}_*(\tau) \times \mathbf{S}_*(\tau) \times \mathbf{E}_*(\tau; u^*(\tau)) \times \mathbf{Y}_*(\tau + 1)$, который запоминается.

13. Каждому набору $\{A_N^{(k)}, B_N^{(k)}, \omega_N^{(k)}\} \in \mathbf{M}_N$, $k \in \overline{1, N}$, соответствует k -я модель динамики объекта I вида (2). Тогда k -й модели и известному набору $\{y^*(\tau), u^*(\tau), s^*(\tau), \varepsilon^*(\tau), y^*(\tau + 1)\}$ соответствует прогнозный вектор $y^{(k)}(\tau + 1)$, который формируется, в силу (2), по следующей рекуррентной формуле:

$$y^{(k)}(\tau + 1) = A_N^{(k)} x^*(\tau) + B_N^{(k)} u^*(\tau) - s^*(\tau) + \omega_N^{(k)} \varepsilon^*(\tau).$$

14. Из решения конечной дискретной оптимизационной задачи формируется следующее конечное множество (18):

$$\mathbf{M}_N^{(e)}(\tau) = \{M_N^{(e)}(\tau) : M_N^{(e)}(\tau) = \{A_N^{(e)}, B_N^{(e)}, \omega_N^{(e)}\} \in \mathbf{M}_N, \\ \left\| y^{(e)}(\tau + 1) - y^*(\tau + 1) \right\|_n = \left\| y^{(k^{(e)})}(\tau + 1) - y^*(\tau + 1) \right\|_n = \\ = \min_{k \in \overline{1, N}} \left\| y^{(k)}(\tau + 1) - y^*(\tau + 1) \right\|_n, \quad (18)$$

$$y^{(e)}(\tau + 1) = A_N^{(k^{(e)})} y^*(\tau) + B_N^{(k^{(e)})} u^*(\tau) - s^*(\tau) + \omega_N^{(k^{(e)})} \varepsilon^*(\tau) = \\ = A_N^{(e)} y^*(\tau) + B_N^{(e)} u^*(\tau) - s^*(\tau) + \omega_N^{(e)} \varepsilon^*(\tau) \},$$

которое назовем оптимальным множеством наборов $M_N^{(e)}(\tau) = \{A_N^{(e)}, B_N^{(e)}, \omega_N^{(e)}\} \in \mathbf{M}_N^{(e)}(\tau)$ для формирования оптимальных моделей динамики объекта I производственной A-системы.

15. Выбирается любой набор $M_N^{(e)}(\tau) = \{A_N^{(e)}, B_N^{(e)}, \omega_N^{(e)}\} \in \mathbf{M}_N^{(e)}(\tau)$ и полагается: $\tau := \tau + 1$.

16. Если $\tau < T$, то осуществляется переход на пункт 1 данной методики и продолжается ее выполнение с добавленными новыми данными; в противном случае выполняется следующее действие.

17. В результате реализации предыдущих действий для каждого периода времени $t \in \tau + 1, T - 1$ вычисляется конечное множество наборов $M_N^{(e)}(t) = \{A_N^{(e)}, B_N^{(e)}, \omega_N^{(e)}\} \in \mathbf{M}_N^{(e)}(t)$, каждый из которых определяет оптимальную модель динамики объекта I производственной A-системы в этот период времени. Сформированную оптимальную модель можно использовать в рамках A-системы вида (1) – (6) в последующие периоды времени для решения различных управленческих и прогностических задач для объектов ЦПЭС.

Учитывая приведенное описание предлагаемой методики оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики управляемого объекта из заданного множества моделей, формирующей решение задачи 1 апостериорной идентификации параметров уравнения динамики объекта I, описываемого дискретным векторно-матричным линейным рекуррентным уравнением вида (2) при наличии ограничений (3)–(6), можно сделать вывод, что ее реализация осуществляется в виде одношаговых алгебраических операций над векторами в пространствах \mathbf{R}^n и \mathbf{R}^p , а также решения конечной дискретной оптимизационной задачи вида (18). Следовательно, предлагаемый метод решения задачи 1 является конструктивным, позволяет осуществить его алгоритмизацию и на его основе разрабатывать соответствующие численные методы.

Отметим, что, решая задачу 1 последовательно для всех периодов времени $t \in \tau + 1, T - 1$, реализуется уточнение элементов искоемых матриц A, B и вектора ω , определяющих уравнение динамики объекта I вида (2), т. е. осуществляется адаптация предлагаемого метода к расширению исходных данных. При этом на основе имеющихся данных и другой информации (например, новых возможностей для расширения ресурсов агента E) уточняются и ограничения (3)–(6) соответственно на фазовый вектор объекта I, вектор управляющего воздействия агента E , вектор спроса и вектор рисков рассматриваемой A-системы.

Отметим также, что описанный метод оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики управляемого объекта из заданного множества моделей для решения задачи детерминированной апостериорной идентификации параметров модели динамики объекта I вида (2) дискретной управляемой динамической системы (1)–(6), т. е. производственной A-системы, может служить основой для разработки соответствующих численных алгоритмов и создания на их базе компьютерных приложений для реализации формирования экономико-математических моделей различных производственных систем, например, ЦПЭС.

Предлагаемый метод решения рассматриваемой задачи основывается на результатах, представленных в работах (Акбердина, Шорилов, 2022; Акбердина и др., 2024; Шорилов, 2022; 2023; 2025; Шорилов, Рассадина, 2012), а разработанная методика для поиска решения исследуемой задачи реализована в виде конечной последовательности одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию. Полученные результаты могут служить основой для разработки методик оптимизации управления при решении практических задач в рамках конкретных ЦПЭС.

Отметим, что на основе предлагаемого метода оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики управляемого объекта ЦПЭС из заданного множества моделей, можно разрабатывать численные алгоритмы для создания компьютерных приложений, позволяющих автоматизировать процесс идентификации модели.

Заключение

В статье исследована задача детерминированной апостериорной идентификации элементов действительных матриц, фигурирующих в уравнении модели динамики объекта управления – производственного предприятия ЦПЭС. Для решения исследуемой задачи предлагается модификация метода оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики управляемого объекта, описываемой общим дискретным линейным векторно-матричным рекуррентным уравнением, из заданного множества моделей. Предлагаемый метод реализуется в виде конечной последовательности процедур, допускающих их алгоритмизацию.

Представленные в статье результаты могут быть использованы при формировании математических моделей различных ЦПЭС и других сложных динамических объектов и процессов.

Благодарности

Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием для ФГБУН Института экономики УрО РАН на 2024–2026 гг.

Acknowledgements

The article was prepared in accordance with the state assignment of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences for 2025–2026.

Список источников

Акбердина, В. В., Василенко, Е. В. (2021). Инновационная экосистема: теоретический обзор предметной области. *Журнал экономической теории*, 3(18), 462–473. doi:10.31063/2073-6517/2021.18-3.10.

Акбердина, В. В., Шориков, А. Ф., Коровин, Г. Б., Сиротин, Д. В. (2024). Идентификация параметров агент-ориентированной модели управления промышленным комплексом региона. *Экономика региона*, 1, 48–62.

Акбердина, В. В., Шориков, А. Ф. (2022). Иерархическая агент-ориентированная модель управления промышленным комплексом. *Управленец*, 13(6), 2–14. doi: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-1.

Бахтизин, А. Р. (2008). *Агент-ориентированные модели экономики*. Москва: ЗАО «Издательство «Экономика», 279.

Красовский, Н. Н. (1968). *Теория управления движением*. Москва: Наука, 476.

Макаров, В. Л. (2009). Обзор математических моделей экономики с инновациями. *Экономика и математические методы*, 1(45), 3–14.

Макаров, В. Л., Бахтизин, А. Р., Бекларян, Г. Л., Акопов, А. С. (2021). Цифровой завод: методы дискретно-событийного моделирования и оптимизации производственных характеристик. *Бизнес-информатика*, 2(15), 7–20.

Первозванский, А. А. (1975). *Математические модели в управлении производством*. Москва: Наука, 616.

Тер-Крикоров, А. М. (1977). *Оптимальное управление и математическая экономика*. Москва: Наука, 216.

Федоренко, Н. П. (1977). *Оптимизация экономики: некоторые вопросы использования экономико-математических методов в народном хозяйстве*. Москва: Наука, 286.

Ширяев, В. И., Ширяев, Е. В. (2020). *Принятие решений: Динамические задачи. Управление фирмой*. Москва: URSS-ЛЕНАНД, 190.

Шориков, А. Ф. (1997). *Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах*. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 242.

Шориков, А. Ф. (2006). Методология моделирования многоуровневых систем: иерархия и динамика. *Прикладная информатика*, 1(1), 136–141.

Шориков, А. Ф. (2022). Прогнозирование и минимаксное оценивание состояний производственной системы при наличии рисков. *Прикладная информатика*, 17(4), 97–112. doi: 10.37791/2687-0649-2022-17-4-97-112.

Шориков, А. Ф. (2023). Метод решения задачи детерминированной апостериорной идентификации параметров общей линейной дискретной управляемой динамической системы. В *Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем: сб. науч. трудов XVII Междунар. школы-симпозиума АМУР-2023 / ред. совет: А.В. Сигал (предс.) и др.* (с. 425–430). Симферополь: Изд-во КФУ; ИП Корниенко А.А.

Шориков, А. Ф. (2025). Методика оптимизации адаптивной идентификации и селекции модели динамики управляемого объекта, описываемой общим линейным дискретным векторно-матричным рекуррентным уравнением. В *Анализ,*

моделирование, управление, развитие социально-экономических систем: сборник научных трудов XIX Междунар. школы-симпозиума АМУР-2025 / ред. совет: А.В. Сигала (предс.) и др. (с. 412–418). Симферополь: Изд-во КФУ; ИП Корниенко А.А.

Шориков, А. Ф., Рассадина, Е. С. (2012). Динамическая оптимизация комплексного программного управления структурой товарного ассортимента предприятия. *Экономика региона*, 31 (3), 261–271.

Cheng, W., & Xiao-Bing, L. (2013). Integrated Production Planning and Control: A Multi-Objective Optimization Model. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6(4), 815–830.

References

Akberdina, V.V., & Shorikov, A.F. (2022). Hierarchical agent-based model of industrial complex management. *Manager*, 13(6), 2–14. doi: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-1 (In Russ.)

Akberdina, V.V., & Vasilenko, E.V. (2021). Innovation ecosystem: Review of the research field. *Russian Journal of Economic Theory*, 18(3), 462–473. doi: 10.31063/2073-6517/2021.18-3.10 (In Russ.)

Akberdina, V.V., Shorikov, A.F., Korovin, G.B., & Sirotin, D.V. (2024). Parameter Identification of the Agent-Based Model for Managing a Regional Industrial Complex. *Economy of Regions*, 20(1), 48–62. doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-1-4 (In Russ.)

Bakhtizin, A. R. (2008). *Agent-oriented models of the economy*. Moscow: Economy, 279 (In Russ.)

Cheng W., & Xiao-Bing L. (2013). Integrated Production Planning and Control: A Multi-Objective Optimization Model. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 6(4), 815–830.

Fedorenko, N.P. (1977). *Optimization of the economy: some issues of using economic and mathematical methods in the national economy*. Moscow: Nauka, 286 (In Russ.)

Krasovskii, N.N. (1968). *Theory of motion control*. Moscow: Nauka, 476 (In Russ.)

Makarov, V. L., Bakhtizin, A. R., Beklaryan, G. L., & Akopov, A. S. (2021). Digital plant: Methods of discrete-event modeling and optimization of production characteristics. *Business Informatics*, 15(2), 7–20 (In Russ.)

Makarov, V.L. (2009). Review of mathematical models of economy with innovations. *Economy and Mathematical Methods*, 45(1), 3–14 (In Russ.)

Pervozvansky, A.A. (1975). *Mathematical models in production management*. Moscow: Nauka, 616 (In Russ.)

Shiryaev, V.I., Shiryaev, E.V. (2020). *Decision Making: Dynamic Problems. Firm Management*. Moscow: URSS-LENAND, 190 (In Russ.)

Shorikov, A.F. (1997). *Minimax estimation and control in discrete-time dynamical systems*. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural State University, 242 (In Russ.)

Shorikov, A.F. (2006). Methodology of modeling multilevel systems: hierarchy and dynamics. *Journal of Applied Informatics*, 1(1), 136–141 (In Russ.)

Shorikov, A.F. (2022). Prediction and minimax estimation of the production system in the presence of risks. *Journal of Applied Informatics*, 17(4), 97–112. doi: 10.37791/2687-0649-2022-17-4-97-112 (In Russ.)

Shorikov, A.F. (2023). A Method for Solving the Problem of Deterministic a Posteriori Identification of Parameters of a General Linear Discrete-Time Controlled Dynamical System. *Analysis, Modeling, Control, and Development of Socio-Economic Systems: Collection of Scientific Papers of the XVII International School-Symposium AMUR-2023 / Editorial Board: A. V. Sigal (Chairman) et al.* (pp. 425–430). Simferopol: CFU Publishing House; IP Kornienko A. A (In Russ.)

Shorikov, A.F. (2025). Methodology for optimizing adaptive identification and selection of a model of the dynamics of a controlled object described by a general linear discrete vector-matrix recurrence equation. *Analysis, modeling, control, and development of socio-economic systems: collection of scientific papers of the XIX International School-Symposium AMUR-2025 / editorial board: A.V. Sigala (chairman) et al.* (pp. 412–418). Simferopol: CFU Publishing House; IP Kornienko A.A(In Russ.)

Shorikov, A.F., Rassadina, E.S. (2012). Dynamic optimization of complex program management of the structure of the product range of the enterprise. *Economy of Regions*, 31(3), 261–271 (In Russ.)

Ter-Krikorov, A. M. (1977). *Optimal control and mathematical economics*. Moscow: Nauka, 216 (In Russ.)

Сведения об авторе

Шориков Андрей Федорович — доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0003-1255-0862> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29; e-mail: shorikov.af@uieec.ru).

Andrey F. Shorikov — Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Leading Research Associate, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; <https://orcid.org/0000-0003-1255-0862> (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: shorikov.af@uieec.ru).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The author declares no conflicts of interest.

Использование средств ИИ

Автор заявляет о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

The author declares that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

Научное издание

**Цифровая трансформация промышленности:
тенденции, управление, стратегии**

Рекомендовано к изданию
Ученым советом Института экономики УрО РАН.
Протокол Ученого совета №8 от 25.11.2025.
Пер. №11(24) (протокол редсовета №8 от 24.11.2025)

Редактор: А.А. Кононенко
Компьютерная верстка и дизайн обложки Е.В. Леготиной
В оформлении обложки использованы изображения от Freerik

1 оптический компакт-диск
Подписано к использованию 25.12.2025.
Объем 4,5 Мб. Уч.-изд. л. 21.
Тираж 10 шт.

Систем. требования: РС не ниже класса Pentium I;
32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb;
Windows 95/98; программа просмотра файлов .pdf;
дисковод CD-ROM 2-х и выше; мышь.

Издатель: Институт экономики УрО РАН.
620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29,
тел. +7(343) 371-45-36.
Сайт: www.uiiec.ru.
E-mail: lavrikova.ug@uiiec.ru.

Изготовитель:
ООО «Сигнум»
620034, г. Екатеринбург, ул. Готвальда, 3, оф. 115.
тел.: +7 (343) 351-74-33.



00.2

x_22.38

07:00

08:00

May-19