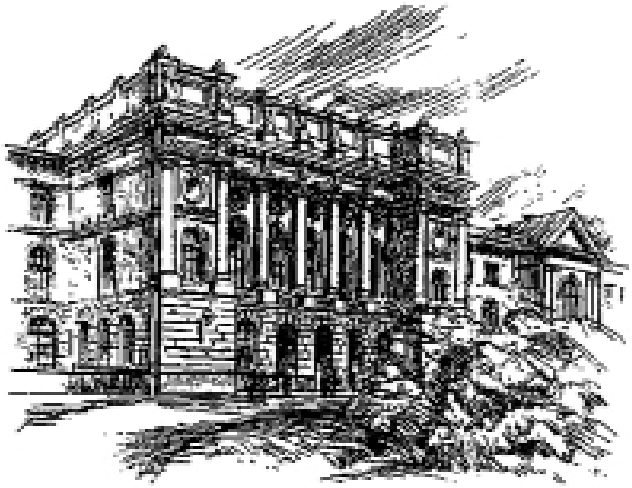
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ISSN 2782-6015

# π-ECONOMY

Том 19, № 5, 2026

## «Развитие экономики и промышленности в условиях резильентности»

Санкт-Петербург
2026

# π-ECONOMY



## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*Акаев А.А.*, иностр. член РАН, д-р физ.-мат. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
*Квинт В.Л.*, иностр. член РАН, д-р экон. наук, профессор, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия;
*Смешко О.Г.*, д-р экон. наук, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Санкт-Петербург, Россия.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

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

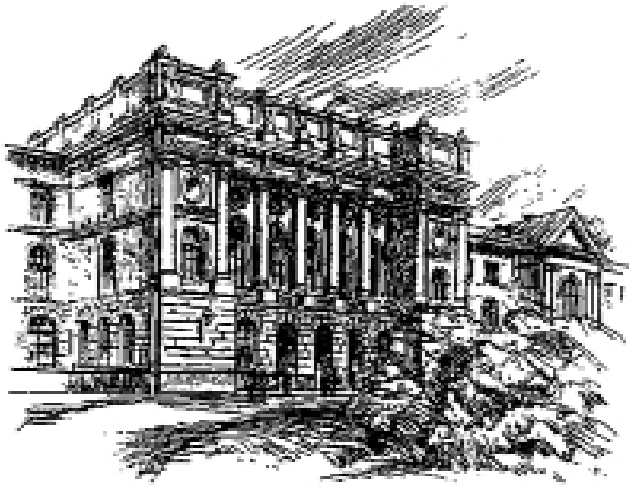


Сетевое издание публикует научные статьи и обзоры на русском и английском языках в области региональной и отраслевой экономики, управления экономическими системами, математических методов экономики.
С 2002 года входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, где публикуются основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.
Сетевое издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-52146 от 11 декабря 2012 г.
Сведения о публикациях представлены в Реферативном журнале ВИНИТИ РАН, в международной справочной системе «Ulrich`s Periodical Directory», в базах данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), Google Scholar, EBSCO, ProQuest, ROAD, DOAJ.
Учредитель и издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация.
Редакция журнала
д-р экон. наук, профессор В.В. Глухов – председатель редколлегии; д-р экон. наук, профессор А.В. Бабкин – зам. председателя редколлегии; А.А. Родионова – секретарь редакции; А.А. Кононова – компьютерная вёрстка; И.Е. Лебедева – редактирование английского языка; Ф.К.С. Бастиан – редактор.
Адрес редакции: Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.
Телефон редакции: +7 (812) 552-62-16, e-mail редакции: economy@spbstu.ru
Дата выхода: 30.10.2026



© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2026

THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION



ISSN 2782-6015

# π-ECONOMY

Vol. 19, no. 5, 2026

## Economic and industrial development in resilient conditions

Saint Petersburg
2026

# π-ECONOMY


## EDITORIAL COUNCIL

*A.A. Akaev* – foreign member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc. (phys.-math.), Lomonosov Moscow State University, Russia;
*V.L. Kvint* – foreign member of the Russian Academy of Sciences (USA), Lomonosov Moscow State University, Russia;
*O.G. Smeshko* – Dr.Sc. (econ.), St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, Russia.

## EDITORIAL BOARD

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



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

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

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

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

Release date: 30.10.2026



© Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2026

Уважаемые читатели!

Перед вами тематический номер «*РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ РЕЗИЛЬЕНТНОСТИ*» журнала «π-Economy».

Выпуск подготовлен по результатам международной научно-практической конференции «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОНОМИКА И ИНДУСТРИЯ X.0» (INTELLIGENT ENGINEERING ECONOMICS AND INDUSTRY 6.0 (IEEI_X.0_INPROM)), которая была проведена 27–30 мая 2026 г. в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Высшая инженерно-экономическая школа) совместно с рядом вузов, научных и общественных организаций.

Тема конференции этого года – «**Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия X.0 в условиях резильентности**».

Мы видим необходимость подготовки тематического номера в том, что концепция формирования интеллектуальной цифровой экономики в настоящее время считается наиболее эффективной с точки зрения эволюции, поскольку базируется на использовании сквозных цифровых технологий, процессах самоорганизации, учета разнообразия участников, взаимодействия участников на основе принципов партнерства, мутуализма и коэволюции, реализации экологичности и задач ESG-экономики.

При этом в современных условиях постоянных изменений и турбулентности, происходящих во внешней среде, стирания границ между физическими, виртуальными и социально-экономическими системами самых разных уровней экономическим агентам приходится быстро реагировать на новые вызовы, модели спроса, конкурентную среду. *Резильентность в экономике* – это способность экономической системы (предприятия, региона, страны) адаптироваться, восстанавливаться и даже трансформироваться после воздействия внешних или внутренних шоковых воздействий. В условиях растущей неопределенности (глобальные кризисы, климатические изменения, геополитические риски) резильентность становится стратегическим преимуществом. Она помогает не просто пережить кризис, но и выйти из него сильнее, минимизировав уязвимости.

Эти особенности и факторы современной экономики и обусловили необходимость отдельного рассмотрения на страницах журнала вопросов резильентного развития экономики и промышленности на трех уровнях: промышленных экономических систем, региональных экономических систем и цифровой трансформации экономики.

Соответственно, в журнале представлены три раздела.

Первый раздел «**Промышленные экономические системы в условиях резильентности**» открывается статьей А.В. Родионова, А.А. Круть и А.И. Паненко, в которой задача управления портфелем технологических проектов ставится как задача совместного выбора состава, сроков и минимально необходимых изменений ресурсного обеспечения в условиях резильентного развития. Авторы показывают, что индивидуально привлекательные проекты могут складываться в нереализуемый портфель, а наращивание наиболее загруженного ресурса не гарантирует роста совокупного результата. О.Н. Киселева связывает резильентность промышленных предприятий с инновационными процессами устойчивого развития и обосновывает необходимость интеграции технологий Индустрии 5.0 в управление ими, подчеркивая, что комплементарная реализация цифровых решений порождает синергетический эффект, работающий на ESG-трансформацию и технологический суверенитет. А.С. Писарев и Т.О. Толстых предлагают систему

показателей оценки резильентного развития предприятий стекольной отрасли, соединяя универсальные требования национальных стандартов с отраслевыми индикаторами углеродоемкости, циркулярности и соответствия наилучшим доступным технологиям; эконометрическая проверка на панельных данных 11 производителей подтвердила высокую капиталоемкость отрасли. Завершает раздел исследование Д.А. Сюняевой и М.Н. Руденко о закономерностях резильентности промышленной экосистемы атомной отрасли, устанавливающее закономерности связи режимных требований технологической независимости с допустимой открытостью слоев промышленной экосистемы атомной отрасли.

Во втором разделе «**Региональные экономические системы в условиях резильентности**» С.В. Журавлева и О.С. Сухадольская на примере Нижегородской, Самарской и Саратовской областей разграничивают трансформативный, адаптивный и кластерный типы резильентности и показывают, что устойчивость напрямую зависит от гибкости нормативной базы, скорости запуска новых производственных и экологических объектов и способности властей сочетать промышленный рост с минимизацией экологической нагрузки. И.А. Адианов и Д.А. Данилов предлагают подход к оценке резильентности регионального рынка медицинской промышленной продукции, основанный на раздельном измерении ресурсного контура и контура носителей технологий, и фиксируют расхождение между ними. Авторы делают принципиальный вывод: оценка отраслевой резильентности только по ресурсным показателям систематически ее завышает. Е.М. Латанов разграничивает резильентность, устойчивость, адаптивность и трансформируемость применительно к старопромышленным и горнопромышленным регионам и обосновывает, что единицей анализа должны выступать не только предприятия и отрасли, но и связи между населением, хозяйством, коммунальными и транспортными сетями, институтами управления и природной средой.

Третий раздел «**Цифровая трансформация резильентной экономики**» посвящен вопросам цифровой трансформации экономических систем в условиях резильентности и инструментальной базе адаптации. А.М. Трапезникова и А.В. Бабкин вводят понятие интеллектуальной цифровой зрелости, разграничивая ее, а также цифровую зрелость и интеллектуальную зрелость. При этом они показывают, что переход от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 смещает цели применения технологий в сторону человекоцентричности, устойчивости и резильентности. Н.С. Лукашевич представляет концептуальную модель взаимодействия человека и интеллектуального агента в системах поддержки принятия управленческих решений, задавая рамку для сохранения управленческого суждения при росте интеллектуализации инструментов. Завершает выпуск статья С.Н. Яшина и А.Б. Иванова, в которой на примере отрасли гражданских авиаперевозок и программы цифровой трансформации сформулированы специфические особенности процессных инноваций, предложены механизм реализации программы развития и алгоритмы оценки перспективности и реализуемости процессных инноваций.

Объединяет все три раздела общая методологическая установка: резильентность не сводится к ресурсной обеспеченности и не отождествляется с наличием отдельного управленческого решения или запуском отдельного проекта. Она проявляется в реакции на шоковые воздействия и отражается в различных связях между проектами в портфеле, между контурами региональной системы, между слоями экосистемы, между человеком и интеллектуальным агентом. И именно эти связи также становятся предметом анализа в представленных статьях.

Редакция надеется, что материалы выпуска окажутся полезными исследователям, работающим на стыке промышленной, региональной и цифровой экономики, а также практикам – специалистам органов отраслевого и регионального управления, руководителям программ цифровой трансформации, которым предстоит принимать решения в условиях значительной неопределенности, где готовых норм и прецедентов пока недостаточно.

**Редакция благодарит за работу соредакторов выпуска:**

**Толстых Татьяна Олеговна**, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры мировой экономики и управления внешнеэкономической деятельностью Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, профессор кафедры промышленного менеджмента Национального исследовательского технологического университета «МИСИС».

**Яшин Сергей Николаевич**, доктор экономических наук, профессор, Почетный работник сферы образования РФ, заместитель директора Нижегородского института управления – филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации.

*Редакция журнала*

# Содержание

## Промышленные экономические системы в условиях резильентности

**Родионов А.В., Круть А.А., Паненко А.И.** Управление портфелем технологических проектов промышленного предприятия при ресурсных ограничениях в условиях резильентности..... 10

**Киселева О.Н.** Управление инновационными процессами устойчивого развития предприятий промышленности России на основе Индустрии 5.0..... 27

**Писарев А.С., Толстых Т.О.** Разработка системы показателей оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России..... 53

**Сюняева Д.А., Руденко М.Н.** Закономерности резильентности промышленной экосистемы атомной отрасли..... 64

## Региональные экономические системы в условиях резильентности

**Журавлева С.В., Сухадольская О.С.** Резильентность как направление социально-экономического развития региональных экономических систем..... 80

**Данилов Д.А., Адианов И.А.** Оценка резильентности регионального рынка медицинской промышленной продукции..... 96

**Латанов Е.М.** Резильентность как стратегия устойчивой конкурентоспособности регионов..... 115

## Цифровая трансформация резильентной экономики

**Трапезникова А.М., Бабкин А.В.** Интеллектуальная цифровая зрелость как основа резильентного развития промышленного предприятия в парадигме Индустрии 5.0..... 135

**Лукашевич Н.С.** Концептуальная модель взаимодействия человека и интеллектуального агента в системах поддержки принятия управленческих решений..... 158

**Иванов А.Б., Яшин С.Н.** Специфические особенности процессных инноваций при цифровой трансформации организаций в условиях резильентности экономики..... 177

# Contents

## Industrial Economic Systems in Resilient Conditions

**Rodionov A.V., Krut A.A., Panenko A.I.** Managing an industrial enterprise's technology project portfolio under resource constraints in resilience conditions..... 10

**Kiseleva O.N.** Management of innovative processes for the sustainable development of Russian industrial enterprises based on industry 5.0..... 27

**Pisarev A.S., Tolstykh T.O.** Development of a system of indicators for assessing sustainable development of glass industry enterprises in the Russian Federation..... 53

**Sunyaeva D.A., Rudenko M.N.** Patterns of resilience in the industrial ecosystem of the nuclear sector..... 64

## Regional Economic Systems in Resilient Conditions

**Zhuravleva S.V., Sukhadolskaya O.S.** Resilience as a direction of socio-economic development of regional economic systems..... 80

**Danilov D.A., Adianov I.A.** Assessing the resilience of a regional market for medical industrial products..... 96

**Latanov E.M.** Resilience as a strategy for sustainable competitiveness of regions..... 115

## Digital Transformation of a Resilient Economy

**Trapeznikova A.M., Babkin A.V.** Intellectual digital maturity as the foundation of resilient development of an industrial enterprise in the industry 5.0 paradigm..... 135

**Lukashevich N.S.** A conceptual model of human-intelligent agent interaction in managerial decision support systems..... 158

**Ivanov A.B., Yashin S.N.** Specific features of process innovations in the digital transformation of organizations under conditions of economic resilience..... 177

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 10–26.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 10–26.

# Промышленные экономические системы в условиях резильентности
# Industrial Economic Systems in Resilient Conditions

Научная статья
УДК 005.8:658.5
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19501
EDN: https://elibrary/BGABMQ

## УПРАВЛЕНИЕ ПОРТФЕЛЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ РЕЗИЛЬЕНТНОСТИ

**А.В. Родионов**[1] ✉, **А.А. Круть**[1], **А.И. Паненко**[2]

[1] Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РАНХиГС), Москва, Российская Федерация;
[2] Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Российская Федерация

✉ avrpost@bk.ru

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена необходимостью согласования технологического развития промышленного предприятия с ограниченной доступностью ресурсов и обязательствами по уже утвержденным проектам в условиях резильентности. Индивидуально привлекательные проекты могут образовывать нереализуемый портфель, а увеличение наиболее загруженного ресурса не всегда повышает совокупный результат. Цель исследования состоит в разработке метода управления портфелем технологических проектов, связывающего совместный выбор состава и сроков реализации с обоснованием минимально необходимых изменений ресурсного обеспечения в условиях резильентности. Использованы методы целочисленного программирования, полного перебора, анализа недоминируемых решений и детерминированного вычислительного эксперимента. Информационной базой служат числовые характеристики двух ранее опубликованных тестовых примеров (десять проектов, использующих три типа ресурсов и 16 проектов с распределенными во времени затратами). Первый эксперимент охватывает 17576 комбинаций ресурсных лимитов, второй – 71 вариант годового бюджета на пятилетнем горизонте планирования. Предложена процедура пороговой ресурсной диагностики, в рамках которой для заданного прироста ценности формируется множество минимальных ресурсных пакетов, обеспечивающих достижение цели с учетом запретов на пересмотр принятых решений. Обосновано необходимое и достаточное условие результативности такого пакета в пределах конечной детерминированной модели. Научный вклад заключается в соединении этой диагностики с процедурой управленческого выбора между расширением ресурсов, перераспределением календарных лимитов и изменением состава портфеля. Расчеты показали, что для рассматриваемой сетки лимитов нормированное ранжирование уступает точному решению в среднем на 4,73%. Совместное расширение двух ресурсов обеспечивает прирост ценности на 10 у.е. по сравнению с 5 у.е. при суммировании результатов раздельного расширения. Запрет на исключение ранее утвержденного проекта устраняет этот прирост. В календарном эксперименте потери последовательного отбора и последующего исправления расписания достигают 20,77% относительно совместного оптимума. Практическая значимость состоит в подготовке проверяемого обоснования решений портфельного комитета, а не в автоматической замене управленческого суждения результатом оптимизации. Полученные величины характеризуют тестовые постановки и не являются оценкой эффекта внедрения на российских предприятиях. Дальнейшие исследования предполагают проверку метода на корпоративных данных, включение неопределенности технологических результатов и измерение организационных затрат на пересмотр портфеля.

© Родионов А.В., Круть А.А., Паненко А.И., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**Ключевые слова:** управление портфелем проектов, промышленное предприятие, технологические проекты, распределение ресурсов, календарное планирование, управленческие решения, комплементарность ресурсов, ресурсные ограничения

**Для цитирования:** Родионов А.В., Круть А.А., Паненко А.И. (2026) Управление портфелем технологических проектов промышленного предприятия при ресурсных ограничениях в условиях резильентности. π-Economy, 19 (5), 10–26. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19501

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19501

# MANAGING AN INDUSTRIAL ENTERPRISE'S TECHNOLOGY PROJECT PORTFOLIO UNDER RESOURCE CONSTRAINTS IN RESILIENCE CONDITIONS

**A.V. Rodionov**[1] ✉ , **A.A. Krut**[1] , **A.I. Panenko**[2]

[1] The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russian Federation;
[2] Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russian Federation

✉ avrpost@bk.ru

**Abstract.** The study addresses the need to coordinate an industrial enterprise's technological development with scarce resources and commitments to previously approved projects in resilience conditions. Individually attractive projects may form an infeasible portfolio, while expanding the most heavily utilized resource does not necessarily improve the overall outcome. The purpose is to develop a portfolio management method linking the joint selection and scheduling of technology projects to the identification of minimally sufficient changes in resource provision in resilience conditions. The research employs integer programming, exhaustive enumeration, nondominated solution analysis, and deterministic computational experiments. Its information base comprises numerical project attributes from two previously published test examples (10 projects requiring three resources and 16 projects with time-phased costs). No project attributes were generated for this study. The first experiment covers 17576 combinations of resource capacities, whereas the second examines 71 annual budget levels over a 5-year planning horizon. A threshold-based resource diagnosis procedure is proposed. For a specified improvement in portfolio value, it constructs a set of minimal resource packages that achieve the target while respecting restrictions on revising approved decisions. A necessary and sufficient condition for package effectiveness is established within the finite deterministic model. The contribution is the integration of this diagnosis into a managerial choice between resource expansion, calendar budget reallocation, and portfolio reconfiguration. Across the tested capacity grid, normalized project ranking falls short of the exact optimum by an average of 4.73%. Jointly increasing two resources raises portfolio value by 10 benchmark units, compared with 5 units obtained by adding the separate expansion effects. A commitment to retain a previously approved project eliminates this improvement. In the scheduling experiment, the loss from sequential selection followed by optimal schedule repair reaches 20.77% relative to the integrated optimum. The practical purpose is to provide auditable evidence for portfolio committee decisions rather than replace managerial judgment with an optimization output. The numerical effects describe the benchmark formulations and do not estimate implementation benefits for Russian industrial enterprises. Further research should test the method against corporate data, incorporate uncertain technological outcomes, and quantify the organizational costs of portfolio revision.

**Keywords:** project portfolio management, industrial enterprise, technology projects, resource allocation, project scheduling, managerial decision-making, resource complementarity, resource constraints

**Citation:** Rodionov A.V., Krut A.A., Panenko A.I. (2026) Managing an industrial enterprise's technology project portfolio under resource constraints in resilience conditions. π-Economy, 19 (5), 10–26. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19501

© Rodionov A.V., Krut A.A., Panenko A.I., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

**Введение**

***Актуальность исследования***

Объект исследования – портфель технологических проектов промышленного предприятия, решения по которому определяют обновление оборудования, освоение технологий и развитие инженерных компетенций. Портфель рассматривается как совокупность конкурирующих за общие ресурсы инициатив, а не как простой перечень инвестиционных предложений. Исследования цифровых промышленных экосистем, распределения ресурсов и межпроектных зависимостей в рамках крупных корпоративных структур показывают необходимость согласования организационных и технологических решений в условиях резильентности [1–3]. При этом наличие профицитного консолидированного корпоративного бюджета не гарантирует доступности требуемого ресурса в нужный период.

Исходная управленческая проблема состоит в разрыве между обоснованием ответов на три конкретных вопроса (определяющих принятие тактических и стратегических решений):

– Какие проекты признать привлекательными?

– Какие из этих проектов возможно реализовать параллельно?

– Какие изменения ресурсного обеспечения действительно улучшают результат всего портфеля?

При решении такого рода задач на промышленных предприятиях (в том числе входящих в структуру крупных корпоративных образований) дополнительное финансирование не заменяет автоматически времени, затрачиваемого на испытание нового оборудования, или трудоемкости специалистов нужной (чаще всего специфической) квалификации. Соответственно, объектом управленческого выбора должен стать не отдельный ресурс с высокой загрузкой (объемом использования), а согласованное изменение ресурсных лимитов, состава и календаря портфеля.

Ключевая идея исследования – переход от ранжирования проектов к пороговой ресурсной диагностике. Под ней понимается определение минимальных сочетаний изменений ресурсов, достаточных для заданного прироста ценности при сохранении обязательных решений. В отличие от оценки уровня загрузки оборудования (и/или объема использования ресурса), эта процедура дает формализованную количественную характеристику того, какие именно изменения в структуре портфелями обеспечивают результат и какие ограничения препятствуют таким изменениям в условиях резильентности.

***Литературный обзор***

Организационное направление исследований связывает портфельный менеджмент с реализацией стратегии, распределением полномочий и регулярным пересмотром решений. Н. Арчер и Ф. Гасемзаде предложили интегрированную схему отбора проектов [4]. Б. Блихфельдт и П. Эскерод показали ограниченность подхода, учитывающего только формально включенные в портфель проекты [5]. Д. Йонас исследовал роль руководителя портфеля и участие высшего менеджмента [6], а М. Мартинсуо обосновала необходимость рассматривать портфельное управление в организационном контексте, включая переговоры и структурную реконфигурацию [7]. Следовательно, оптимальный набор проектов сам по себе не составляет законченного управленческого решения. Необходимо определить, кто вправе изменить ресурсные обязательства и на каком основании.

Отечественные исследователи конкретизируют эти вопросы применительно к технологическому развитию. Д.Ю. Каталевский, Н.В. Космодемьянская и А.Г. Гришин анализируют управление портфелем научно-исследовательских разработок на материалах Сколтеха [8]. А.Г. Ташкинов рассматривает портфель цифровой трансформации промышленного предприятия [9]. С.М. Бекетов и М.В. Дергачёв связывают формирование портфеля с Парето-оптимальным распределением трудовых ресурсов [10]. А. Лёвина и соавторы предлагают агентную архитектуру поддержки решений и перепланирования [11]. И.В. Трифонов и соавторы исследуют зрелость

портфельного управления в горнодобывающих компаниях [12]. Общий для этих работ предмет – согласование развития технологий с организационными возможностями, однако показатели зрелости, распределение труда и архитектура взаимодействия решают разные задачи и не являются взаимозаменяемыми инструментами.

Методы количественного отбора систематизированы в обзорных трудах Д. Данеша и соавторов [13] и В. Мохагеги и соавторов [14]. Их анализ и сопоставление позволяют разграничить процессы оценки привлекательности и оптимизации совместно реализуемого множества, т.к. многокритериальный рейтинг задает предпочтения, но не устраняет ресурсную несовместимость проектов. Г. Виейра и соавторы в своем труде уточнили терминологию межпроектных зависимостей, что существенно снизило понятийно-категориальную неопределенность в рамках исследуемого направления [3]. Это позволяет обоснованно дифференцировать экономические сущности и характеристики прямой технологической зависимости, синергии результатов и конкуренции за ресурсы. Последняя может возникать даже между технологически независимыми проектами. Именно этот случай используется в нашей работе для изоляции эффекта ресурсной комплементарности.

Совместный выбор и календарное планирование уже представлены развитым классом моделей. Обзор С. Хартманна и Д. Брискорна охватывает варианты задач планирования с ограниченными ресурсами [15]. Н. Арратиа-Мартинес и соавторы объединяют отбор, расписание, распределение ресурсов, синергию и делимость проектов [16]. Б. Цю и соавторы рассматривают многоэтапный выбор с учетом жизненного цикла и взаимодействий [17]. Таким образом, сам факт применения целочисленного программирования или одновременного определения состава и сроков не может заявляться в качестве научной новизны настоящей статьи.

Ц. Ван и соавторы моделируют синергию нескольких проектов [18], Ч. Шэнь и С. Ли – ее проявления в динамическом портфеле [19], Ж.-Ф. Цзай и М.-Х. Лин развивают точную линеаризацию моделей взаимозависимого отбора [20]. М. Тавана и соавторы включают в ресурсное распределение межпроектные связи и возможности ускорения работ [2]. Х. Чан и Ы.С. Со связывают оценку портфеля с инженерным анализом внедрения технологий [21]. Эти результаты определяют важную границу нашего исследования. Эффект комбинации проектов должен быть обоснован технологически, и его нельзя приписывать модели только потому, что совместное использование ресурсов улучшило оптимальное значение целевой функции.

Отдельное направление связано с учетом фактора неопределенности. Т. Флиднер и Ю. Лиесиё исследуют регулируемую робастность многокритериального выбора [22]; Г. Мавротас и Э. Макривелиос сочетают многокритериальный анализ, программирование и моделирование Монте-Карло [23]. Ф. Хабиби и соавторы учитывают неопределенность поставок материалов [24], М. Саис и соавторы – неопределенные затраты, сроки, прерывания и корреляции рисков [25]. М. Тянь и С. Ли развивают робастное многопроектное планирование на основе критической цепи [26]. Ж. Хань и соавторы рассматривают задержки распространения рисков [27], Л. Бай и соавторы – ценностно-ориентированное управление взаимодействующими рисками [28]. Детерминированная проверка ресурсной реализуемости необходима, но не заменяет ни одно из этих направлений. И.Н. Дурбах и соавторы исследуют простые эвристики портфельных решений [29], а К.Р. Харрисон и соавторы публикуют воспроизводимые тестовые данные для отбора проектов [30]. Это обосновывает сравнение прозрачных и понятных (с управленческой точки зрения) правил с точным решением на открыто описанных входных данных.

Далее нами не воспроизводятся алгоритмы указанных авторов, а используются собственные явно определенные ранговые компараторы и метод полного перебора с применением программно-аппаратных средств.

Исследовательская задача формулируется на пересечении проанализированных нами направлений и предполагает формулировку обоснованного ответа на вопрос: как преобразовать

результат оптимизации в проверяемое решение о минимально достаточном изменении ресурсов при наличии ограничений на пересмотр портфеля? В проанализированных литературных источниках эта задача не образует единой процедуры, связывающей целевой прирост, вектор ресурсного изменения, альтернативный состав и управленческие обязательства. Предлагаемое приращение знаний ограничивается разработкой и проверкой такой процедуры. Вывод о преимуществе моделей совместного отбора или учета зависимостей нами не формулируется.

***Цель и задачи исследования***

Цель исследования – разработать метод управления портфелем технологических проектов промышленного предприятия, обеспечивающий совместный выбор состава и сроков реализации и обоснование минимально необходимых изменений ресурсного обеспечения.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи:

– формализовать связь ценности, календарной реализуемости и управленческих обязательств;

– разработать пороговую диагностику одиночных и групповых ресурсных изменений;

– проверить метод на опубликованных тестовых данных в сопоставлении с ранжированием и последовательным отбором;

– определить порядок использования результатов и границы применимости метода.

**Методы и материалы**

***Логика исследования и исходные допущения***

Исследование сочетает аналитическое обоснование и детерминированный вычислительный эксперимент. Его предметом является качество процедуры принятия решений, а не оценка состояния конкретного предприятия. Используются два опубликованных числовых примера (многоресурсный и календарный). Новые проектные характеристики, экспертные оценки и сведения о предприятиях не создавались. Варьируются только задаваемые исследователем лимиты, чтобы проверить чувствительность решений к ресурсным условиям[1].

Предполагается, что проекты являются унитарными (неделимыми), а их характеристики – известными. Учитывается ограниченное множество допустимых дат начала реализации проектов, а их завершение является обязательным в рамках установленного горизонта планирования. Ценность измеряется единой аддитивной функцией, установленной до оптимизации. Стратегически обязательные проекты задаются ограничениями, а не повышением произвольных весов. Ресурсные типы сохраняют собственные единицы измерения.

***Модель совместного выбора состава и календаря***

Пусть $i$ – проект, $s$ – допустимый период его запуска, $t$ – календарный период, $k$ – ресурс; $S_i$ – множество допустимых запусков. Переменная $x_{is}$ равна единице при выборе проекта $i$ с началом $s$. Значение $v_{is}$ отражает ценность такого решения; при денежной постановке это согласованная оценка чистого эффекта с учетом времени. Целевая функция имеет вид:

$$Q(x) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{s \in S_i} v_{is} x_{is} \to \max. \quad (1)$$

Каждый проект выбирается не более одного раза:

$$\sum_{s \in S_i} x_{is} \le 1, \quad x_{is} \in \{0;1\}, \quad i = 1, \ldots, n. \quad (2)$$

[1] При подготовке текста, программного кода и английского перевода использован ChatGPT (OpenAI). Первичные числовые характеристики проектов перенесены из указанных научных публикаций, а не сгенерированы. Расчетные результаты получены исполнением детерминированного кода; проверки допустимости решений и независимые контрольные расчеты включены в воспроизводимый комплект. Использование инструмента не заменяет содержательной проверки и ответственности авторов перед подачей статьи.

Пусть $a_{ik,t-s}$ – потребность в ресурсе $k$ на соответствующей стадии проекта. Вне периода реализации проекта $a_{ik,t-s} = 0$. Календарные ограничения записываются следующим образом:

$$R_{kt}(x) = \sum_i \sum_{s \in S_i} a_{ik,t-s} x_{is} \le C_{kt} \quad \forall k,t. \tag{3}$$

Здесь $C_{kt}$ – доступный лимит. Для расходуемого за весь горизонт планирования ресурса вводится отдельное суммарное ограничение. Для годового бюджетного лимита неиспользованный остаток не переносится автоматически. Перенос представляет самостоятельное управленческое решение. Поступления, отраженные в ценности проекта, также не увеличивают лимиты без явно заданного механизма реинвестирования.

Обозначим через $F$ зафиксированные обязательства (обязательность проекта, утвержденную дату запуска либо запрет изменения части календаря). Множество $X(F)$ включает условия (2) и такие не связанные с объемом ресурсов ограничения, как технологическое предшествование и взаимоисключение. Они задаются только при наличии подтверждающих данных. Оптимальная ценность при ресурсном векторе $C$ определяется функцией:

$$Z(C;F) = \max\{Q(x) : x \in X(F),\ R(x) \le C\}. \tag{4}$$

Статический выбор является частным случаем с одним допустимым запуском и одним периодом. Календарный эксперимент ниже использует пятилетний горизонт и отдельный бюджет каждого года. Межпроектная синергия и технологические зависимости намеренно исключены из обоих множеств данных. Проверяется эффект структуры ресурсных ограничений, а не воспроизводятся более сложные модели первоисточников [18, 17].

***Пороговая ресурсная диагностика***

Для неотрицательного вектора расширения δ результативность ресурсообеспечения оценивается конечным, а не дифференциальным приростом оптимальной ценности:

$$\Delta(C,\delta;F) = Z(C+\delta;F) - Z(C;F). \tag{5}$$

В дискретном портфеле незначительное приращение ресурса может не открыть ни одной новой комбинации проектов. Поэтому высокая загрузка (объем использования) и положительная результативность расширения – разные характеристики. Для двух изменений $\delta^a$ и $\delta^b$ их комплементарность в данном состоянии определяется выражением:

$$U_{ab} = \Delta(C,\delta^a+\delta^b;F) - \Delta(C,\delta^a;F) - \Delta(C,\delta^b;F). \tag{6}$$

Положительное значение означает, что совместный эффект превосходит сумму раздельных. Знак не фиксирован теоретически. При других лимитах изменения могут оказаться заменителями. Это не технологическая синергия проектов, а свойство дискретного множества допустимых портфелей. Двойственные оценки линейного ослабления не подменяют такой расчет для неделимых проектов. Чтобы перейти от диагностики к действию, задается требуемый прирост ($m > 0$). Для каждой альтернативы $x$ определяется минимальный вектор дополнительных ресурсов:

$$d_{kt}(x;C) = \max\{0, R_{kt}(x) - C_{kt}\}. \tag{7}$$

Среди альтернатив, обеспечивающих требуемую ценность и соблюдающих обязательства $F$, сохраняются только покомпонентно недоминируемые векторы:

$$P_m(C;F) = \mathrm{Min}_{\leq}\left\{d(x;C) : x \in X(F),\ \ Q(x) \geq Z(C;F) + m\right\}. \quad (8)$$

Оператор $\mathrm{Min}_{\leq}$ удаляет вектор, если существует другой (альтернативный), не превышающий его ни по одной координате и являющийся строго меньшим хотя бы по одной координате. Полученное множество – перечень минимально достаточных ресурсных пакетов. Различные пакеты не ранжируются по простой сумме разноименных ресурсов. Их последующий выбор требует сведений о доступности, сроках получения и стоимости.

Для конечного множества $X(F)$, допустимого исходного портфеля и $\delta \geq 0$ достижение заданного прироста эквивалентно наличию пакета, не превосходящего доступное расширение:

$$Z(C+\delta;F) \geq Z(C;F) + m \leftrightarrow \exists d \in P_m(C;F) : d \leq \delta. \quad (9)$$

Если левая часть выполнена, то существует соответствующий портфель $x$, превышение используемых ресурсов в рамках которого не превосходит $\delta$, следовательно, $d(x; C) \leq \delta$. В конечном множестве векторов, удовлетворяющих целевому уровню, найдется минимальный вектор $d$, не превышающий $d(x; C)$. В свою очередь, каждому включенному в множество минимальному вектору соответствует портфель с требуемой ценностью; при $d \leq \delta$ его ресурсы не превосходят $C + \delta$. Обязательства $F$ в обеих частях одинаковы. Тем самым условие (9) дает проверяемое основание достаточности ресурсного пакета, а не только оценку его желательности.

При стоимостной оценке проекта обеспечение его экономической эффективности (и/или целесообразности) дополнительно требует, чтобы прирост превышал затраты на получение ресурсов и изменение портфеля. При балльной оценке уровня ценности такое стоимостное сравнение непосредственно недопустимо. Для переноса бюджетов между периодами, включающего отрицательные компоненты $\delta$, необходим прямой пересчет (4), так как эквивалентность (9) сформулирована только для ситуации расширения привлекаемых ресурсов.

***Данные, компараторы и воспроизводимость***

Набор A включает значения эффекта и потребления трех ресурсов десятью проектами (табл. 4 из [18]). Используются только детерминированные столбцы $v$ и $r^1$–$r^3$ (табл. 1). Вероятности успеха, стратегические оценки и синергетические коэффициенты первоисточника в целевую функцию не включаются. Единицы измерения ресурсов и эффекта являются условными. Реальные названия проектам не присваиваются.

**Таблица 1. Исходные характеристики проектов набора A**
**Table 1. Input project attributes for test set A**

| Проект | Эффект, у.е. | Ресурс 1, у.е. | Ресурс 2, у.е. | Ресурс 3, у.е. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 60 | 7 | 8 | 8 |
| 2 | 30 | 4 | 5 | 3 |
| 3 | 50 | 6 | 8 | 7 |
| 4 | 30 | 3 | 4 | 5 |
| 5 | 45 | 6 | 6 | 5 |
| 6 | 65 | 9 | 10 | 8 |
| 7 | 40 | 5 | 6 | 4 |
| 8 | 35 | 4 | 4 | 5 |
| 9 | 40 | 4 | 5 | 4 |
| 10 | 45 | 5 | 4 | 5 |

Источник: [18]

Для каждого из трех ресурсов исследуются все целочисленные лимиты от 15 до 40 включительно. Таким образом, всего $26^3$ сочетаний (17576 ед.). На каждом сочетании перебираются все $2^{10}$ (1024 ед.) портфелей. Сравниваются три правила последовательного включения (по убыванию эффекта $v_i$; по отношению $v_i/r_i^1$; по отношению $v_i$ к сумме нормированных потребностей $r_i^k/C_k$. Последний компаратор учитывает все ресурсы, но остается ранговым. При совпадении оценок приоритет отдается проекту с меньшим порядковым номером. Если оставшихся ресурсов недостаточно для размещения проекта, он пропускается. Ни одна из функций сравнения (компараторов) не приводит к нарушению ресурсных ограничений. Относительная погрешность эвристики $h$ при положительном оптимальном значении рассчитывается по формуле:

$$L_h(C) = 100\frac{Z(C;F) - Q_h(C;F)}{Z(C;F)}. \quad (10)$$

Средние и максимальные потери представляют собой дескриптивные характеристики исследуемой сетки параметров, а не статистические оценки для генеральной совокупности предприятий. Для верификации результатов оптимальные значения, полученные методом полного перебора, были сопоставлены с решениями целочисленного солвера на 27 наборах лимитов из декартова куба $\{15; 27; 40\}^3$. Расхождений между методами не обнаружено.

Выборка B сформирована на основе данных таблиц A1–A3 приложения из [17]. Для 16 проектов были сохранены их продолжительность, а также годовые показатели затрат и результатов. В модели рассматриваются все допустимые варианты запуска проектов на пятилетнем горизонте планирования (всего 63 бинарные переменные). Целевая функция определяется как разность между суммой опубликованных годовых результатов и общими затратами; ставка дисконтирования в эксперименте принята равной 0. Полученная величина представляет собой условный расчетный чистый эффект в денежных единицах исходного примера, а не реальную чистую приведенную стоимость проектов.

Годовые бюджетные лимиты последовательно варьируются от 30 до 100 млн USD с шагом 1 млн USD, что образует 71 расчетный сценарий (в отличие от эмпирических наблюдений). Интегрированное совместное решение сопоставляется с двухэтапной процедурой. На первом этапе осуществляется точный отбор проектов при общем лимите, равном сумме пяти годовых бюджетов. На втором – формируется оптимальное календарное расписание для выбранного множества с возможностью исключения неэффективных проектов (но без добавления новых). Если первый этап генерирует несколько равноценных по стоимости портфелей, из них выбирается тот, который обеспечивает наилучшее расписание на втором этапе. Такое правило сравнения (компаратор) исключает ухудшение целевой функции из-за случайного разрешения неопределенности при равенстве оценок или из-за субоптимальности эвристик расписания.

В первоисточнике суммарные годовые затраты проекта 10 составляют 81,0081 млн USD, при этом опубликованный итог округлен до 81 млн USD. Базовый расчет в данной работе опирается на исходные годовые показатели без предварительной корректировки. Для проверки устойчивости результатов выполнен альтернативный расчет с их пропорциональным приведением к строгому значению 81 млн USD. Продолжительность проекта 13 сохранена равной двум годам, несмотря на то что денежные потоки зафиксированы только в первом году, поскольку содержательные основания для изменения номинальной длительности проекта отсутствуют.

Вычисления реализованы на языке Python с использованием библиотек NumPy и scipy.optimize.milp (SciPy версии 1.17.0, линейный целочисленный решатель HiGHS). Для повышения точности и исключения вычислительных погрешностей денежные коэффициенты были масштабированы путем умножения на $10^4$ с последующим округлением до целых чисел. В ходе пост-оптимизационного анализа контролировались бинарность переменных, соблюдение календарных

ограничений и корректность пересчета целевой функции. Максимальный относительный разрыв оптимальности, зафиксированный решателем в основных задачах календарного планирования, не превышает $10^{-10}$. Воспроизводимый программный комплекс включает исходные файлы формата CSV, полные результаты сеточных экспериментов, исходный код и описание процедур предобработки данных. При решении задач календарного планирования совпадение значений целевой функции является обязательным, тогда как структура оптимального расписания может варьироваться в случае альтернативного оптимума.

**Результаты и обсуждение**

***Потери ранжирования при нескольких ресурсных ограничениях***

В наборе A ресурсно-нормированный компаратор дает меньшие средние потери, чем два более простых правила, но совпадает с оптимумом только в 5697 из 17576 сценариев (табл. 2). Следовательно, учет всех ресурсов в индивидуальном балле полезен, однако не эквивалентен выбору лучшей комбинации проектов. Причина состоит в дискретности. Включение высокорангового проекта изменяет остатки ресурсов и может блокировать более ценное сочетание последующих инициатив.

**Таблица 2. Качество правил отбора на сетке из 17576 ресурсных сценариев**
**Table 2. Selection-rule performance across 17576 resource-capacity scenarios**

| Правило отбора | Средняя потеря, % | Максимальная потеря, % | Совпадение с оптимумом, % |
|---|---|---|---|
| По величине эффекта | 16,97 | 30,56 | 0 |
| По эффекту на единицу ресурса 1 | 8,66 | 25,81 | 17,88 |
| По эффекту на нормированную потребность | 4,73 | 18,75 | 32,41 |
| Точный совместный отбор | 0 | 0 | 100 |

Источник: расчеты по набору A. Потеря определена относительно точного оптимума по формуле (10)

Полученный результат не свидетельствует о полной неэффективности эвристических методов. Их качество детерминировано структурой конкретных задач, что согласуется с методологией исследования простых портфельных правил. Тем не менее для портфелей небольшой размерности рейтинги целесообразно применять в качестве инструмента интерпретации и обоснования решений, а не как безальтернативный механизм распределения ресурсов. В данном классе задач расчет точного глобального оптимума вполне реализуем, что позволяет непосредственно измерить цену упрощения.

***Комплементарность ресурсов и ограничения на пересмотр портфеля***

При лимитах $C = (30; 32; 31)$ оптимальная ценность равна 255 у.е.; один из оптимальных портфелей включает проекты 1, 2, 5, 8, 9 и 10 с потреблением (30; 32; 30). Ресурсы 1 и 2 использованы полностью, ресурс 3 имеет остаток. Тем не менее увеличение ресурса 1 на единицу не дает прироста, а расширение ресурса 2 дает только 5 у.е. Совместное увеличение ресурсов 1 и 2 обеспечивает уже 10 у.е. (табл. 3).

Комплементарность двух единичных изменений составляет $10 - 0 - 5 = 5$ (у.е.). Этот эффект получен при аддитивных результатах и независимых проектах, то есть не обусловлен добавлением синергетической премии. Его механизм – переход к другой комбинации. При лимитах (31; 33; 31) выбираются проекты 1, 5, 7, 8, 9 и 10. Проект 7 заменяет проект 2, и для такой замены требуются одновременно ресурсы 1 и 2.

Полный перебор для целевого прироста 10 у.е. дает ровно два недоминируемых пакета: (1; 1; 0) и (0; 3; 2). Любое неотрицательное расширение обеспечивает прирост не менее 10 у.е. тогда

**Таблица 3. Результат изменения лимитов при исходной ценности 255 у.е.**
**Table 3. Effects of capacity changes from a baseline value of 255 units**

| Приращение ресурсов ($\delta_1$; $\delta_2$; $\delta_3$) | Ценность, у.е. | Прирост, у.е. | Условие пересмотра |
|---|---|---|---|
| (0; 0; 0) | 255 | 0 | Свободный состав |
| (1; 0; 0) | 255 | 0 | Свободный состав |
| (0; 1; 0) | 260 | 5 | Свободный состав |
| (0; 0; 1) | 255 | 0 | Свободный состав |
| (1; 1; 0) | 265 | 10 | Свободный состав |
| (0; 3; 2) | 265 | 10 | Свободный состав |
| (1; 1; 0) | 255 | 0 | Проект 2 обязателен |

Источник: расчеты по набору А. Исходные лимиты – (30; 32; 31)

и только тогда, когда покомпонентно покрывает хотя бы один из них. Следовательно, можно обсуждать с владельцами ресурсов две конкретные альтернативы, не покупая все ресурсы пропорционально и не ориентируясь исключительно на процент загрузки.

Если проект 2 ранее утвержден и не может быть исключен, ценность при расширении (1; 1; 0) остается равной 255 у.е. Физически доступный пакет перестает быть результативным из-за управленческого обязательства. Поэтому заключение о выгодности увеличения действительно только для того множества разрешенных изменений, для которого выполнен расчет. Информация о зафиксированном составе столь же существенна, как сведения о доступных ресурсах.

***Цена разделения отбора и календарного планирования***

В календарном вычислительном эксперименте интегрированный (совместный) подход превосходит процедуру двухэтапного последовательного отбора с наилучшим расписанием в 25 из 71 сценария. Среднее относительное отклонение последовательного подхода от совместного оптимума составляет 2,75%, тогда как максимальное достигает 20,77%. Выборочные результаты моделирования, включая сценарий с максимальной потерей эффективности, приведены в табл. 4. В остальных 46 сценариях значения целевой функции полностью совпадают. Следовательно, синергетический эффект интеграции процессов отбора и планирования не гарантирован априори, а проявляется именно в тех условиях, где календарные ограничения меняют структуру множества допустимых портфелей.

При фиксированном годовом лимите в 35 млн USD последовательный подход после процедуры оптимального календарного планирования сохраняет в портфеле проекты 1, 2 и 7 с суммарным эффектом 145 млн USD. В то же время интегрированное совместное решение дополнительно включает проект 3, что позволяет достичь ценности в 183 млн USD. Соответствующее допустимое расписание выглядит следующим образом. Проекты 1 и 3 стартуют в 1-м году, проект 2 – в 3-м году, проект 7 – в 5-м году. Годовые затраты по периодам составляют 34,8264; 28,4488; 31,0598; 31,665 и 26 млн USD, что означает строгое соблюдение лимитов без увеличения общего объема финансирования. Причина неэффективности двухэтапного решения заключается в запрете на добавление проектов, которые отсутствовали в оптимальном наборе агрегированной задачи.

Другой важный результат связан с календарным профилем бюджета. При равномерном векторе лимитов (50, 50, 50, 50, 50) совместная оптимальная ценность составляет 249,9919 млн USD. В рамках дополнительного эксперимента было проанализировано 40 сценариев межвременного перераспределения средств (смещение 5 или 10 млн USD между периодами при неизменном общем бюджете). Наилучший из найденных вариантов (50, 45, 55, 50, 50) обеспечивает

**Таблица 4. Сопоставление последовательного и совместного календарного отбора**
**Table 4. Sequential versus integrated portfolio selection and scheduling**

| Годовой бюджет, млн USD | Эффект отбора, млн USD | Эффект после исправления, млн USD | Эффект совместного решения, млн USD | Потеря, % |
|---|---|---|---|---|
| 30 | 189 | 124 | 134 | 7,46 |
| 35 | 199 | 145 | 183 | 20,77 |
| 40 | 228 | 199 | 199 | 0 |
| 50 | 269 | 237 | 249,9919 | 5,2 |
| 60 | 310,9919 | 281,9919 | 303,9919 | 7,24 |
| 70 | 335,9919 | 335,9919 | 335,9919 | 0 |
| 80 | 388,9919 | 364,9919 | 364,9919 | 0 |
| 90 | 411,9919 | 388,9919 | 388,9919 | 0 |
| 100 | 411,9919 | 411,9919 | 411,9919 | 0 |

Источник: расчеты по набору B. Потеря – относительно совместного решения

ценность в 266 млн USD, что на 6,4% превышает базовое совместное решение. Данный результат является максимумом среди проверенных сценариев перераспределения, но не претендует на глобальный оптимум при произвольном изменении лимитов.

Оптимальный календарный график для этого случая предполагает запуск проектов 6 и 12 с 1-го года, проекта 1 – со 2-го года, проектов 2 и 3 – с 3-го года, проекта 7 – с 5-го года. Годовые издержки при этом составляют 47,848; 39,1584; 54,7886; 47,8402 и 38,3648 млн USD. Этот пример наглядно иллюстрирует разницу между абсолютной недостаточностью совокупного бюджета и неоптимальной конфигурацией его годовых лимитов. Разумеется, реальные условия финансирования, допустимость таких переносов и издержки организационного перепроектирования на конкретном предприятии должны оцениваться обособленно.

Проверка устойчивости результатов к погрешности в исходных данных проекта 10 подтверждает содержательную корректность выводов. Приведение годовых затрат к опубликованному итогу изменяет значения целевой функции лишь в восьми контрольных сценариях, причем отклонение не превышает 0,0081 млн USD. В сценарии максимальной потери эффективности (при годовом лимите 35 млн USD) проект 10 вовсе не входит в сравниваемые портфели, в связи с чем указанное расхождение не оказывает влияния на выявленный эффект.

***Использование метода в системе управления предприятием***

Предлагаемый метод связывает три уровня принятия решений. На стратегическом уровне портфельный комитет утверждает целевой эффект, горизонт планирования, обязательные технологические направления и пределы допустимого пересмотра параметров. На тактическом уровне проектный офис формирует проверяемый календарно-ресурсный план и альтернативные ресурсные пакеты. На операционном уровне владельцы ресурсов подтверждают фактическую доступность мощностей и сроки ее изменения. Такой порядок согласуется с организационным пониманием портфельного менеджмента [6, 7], но дополняет его расчетным условием достаточности регуляторного вмешательства.

Первым результирующим документом становится паспорт ресурсной реализуемости портфеля, содержащий состав проектов, календарный график, профиль потребления ресурсов по периодам, источники расчетных коэффициентов и перечень обязательств $F$. Вторым документом является обоснование изменений, включающее целевой прирост, минимальный пакет ресурсов, альтернативный состав портфеля, стоимость привлечения дополнительных ресурсов и

согласованные ограничения. Решение о расширении бюджетов не должно утверждаться исключительно на основании высокой загрузки подразделения. Необходимо продемонстрировать, какой именно достижимый портфель обеспечивает прирост ценности и какие ранее принятые решения потребуют пересмотра.

При возникновении дефицита сначала проверяется возможность календарного перераспределения средств при неизменном общем лимите. Затем анализируются варианты замещения проектов и недоминируемые пакеты расширения. Данный порядок не является универсальной очередностью экономической предпочтительности. Он лишь отделяет организационно доступные (беззатратные) меры от мер, требующих внешних расходов. Окончательный выбор осуществляется по критерию сопоставимого чистого эффекта после учета затрат и рисков. При отсутствии надежной денежной оценки портфельный комитет получает множество эффективных альтернатив, а не искусственно точное ранжирование.

Повторный расчет целесообразен при изменении доступности ключевого ресурса, продолжительности проектов, состава обязательных инициатив или при корректировке подтвержденной оценки результата. Для уже выполняемых проектов фиксируются осуществленные действия и необратимые (обязательные) затраты. Оптимизации подлежит только пересматриваемая часть портфеля. Цена отмены решений и ограничения на реструктуризацию календаря должны эксплицитно входить в прикладную постановку задачи. В противном случае модель будет систематически переоценивать свободу менеджмента и потенциальный синергетический эффект.

В отличие от моделей многопроектной синергии [18, 19], установленный в вычислительном эксперименте эффект возникает без прямой взаимосвязи результатов проектов. В отличие от подходов к распределению труда [10] и агентной координации [11], ключевым результатом здесь выступает не механизм ведения переговоров и не алгоритм назначения исполнителей, а проверяемая функциональная связь между целевым приростом ценности и достаточным изменением ресурсных лимитов. Метод может успешно использовать результаты инженерной оценки в качестве входных данных, не претендуя на их замену.

***Ограничения исследования***

Вычислительная верификация предложенного подхода опирается на два опубликованных тестовых примера, а не на репрезентативную выборку российских промышленных предприятий. Расширение числа комбинаций лимитов увеличивает плотность расчетной сетки, но не число независимых исходных наборов данных (17576 и 71 – размеры исследовательских сеток). По этой причине полученные средние потери не могут быть экстраполированы на отрасль в целом, а результативность внедрения метода не объявляется доказанной. Сценарии не снабжаются вероятностными оценками, статистическая значимость для генеральной совокупности не рассчитывается.

Проверенные постановки задач исключают неопределенность результатов, прямую синергию и взаимное влияние рисков. В наборе данных B в качестве ресурса выступает исключительно календарное финансирование. Трудовые и технологические ограничения для него искусственно не вводились. Таким образом, два вычислительных эксперимента проверяют разные частные случаи общей схемы, но не заменяют единого комплексного промышленного кейса со всеми типами ограничений. Обоснование условия (9) справедливо для конечной детерминированной модели. В условиях неопределенности требуется отдельное определение допустимого уровня риска или построение робастного множества решений в соответствии с профильной литературой [22, 24, 25].

Метод полного перебора использован для портфеля из десяти проектов в иллюстративных целях и не предлагается как универсальный промышленный алгоритм. При масштабировании портфеля расчет множества минимальных пакетов может стать вычислительно трудоемким. В

таких случаях необходимы ограничение числа рассматриваемых управленческих вмешательств, построение целочисленных моделей для заданного целевого уровня ценности и отсечение доминируемых вариантов. Их масштабируемость и алгоритмическая сложность требуют самостоятельного тестирования. Преимущества по скорости вычислений по сравнению со специализированными алгоритмами в рамках данной статьи не заявляются.

**Заключение**

Формализована процедура управления портфелем проектов, совместно учитывающая их ценность, календарную ресурсную реализуемость и ограничения на пересмотр ранее принятых решений. Научный результат заключается в их интеграции в единый объект управленческой диагностики. Стандартная модель целочисленного линейного программирования используется как аналитический инструмент и не заявляется в качестве самостоятельной научной новизны.

Разработан метод пороговой ресурсной диагностики, формирующий множество минимальных пакетов ресурсов для заданного прироста ценности портфеля в условиях резильентности. Для конечной детерминированной постановки обоснована эквивалентность достижения цели и наличия пакета приращений, покомпонентно мажорируемого доступным расширением. Продемонстрировано фундаментальное различие между загрузкой ресурса, результатом его изолированного увеличения и комплементарностью нескольких совместных изменений.

На основе опубликованных верификационных данных установлены границы применимости рангового и последовательного подходов. Средняя потеря эффективности нормированного ранжирования на выбранной расчетной сетке составляет 4,73%. Максимальная потеря последовательного отбора с последующим оптимальным исправлением расписания достигает 20,77%. Выявлены эффект ресурсной комплементарности, а также условия его нивелирования при фиксации обязательного проекта. Указанные количественные значения характеризуют исключительно проверенные тестовые постановки.

Предложен регламент использования расчетных процедур портфельным комитетом (утверждение целевого результата и обязательств, проверка календарной реализуемости, выявление достаточных ресурсных пакетов и оценка стоимости разрешенных изменений). Практический результат состоит в формировании проверяемого обоснования вмешательства, связывающего ресурсную заявку с конкретным достижимым портфелем, что исключает автоматическое (некритичное) принятие решений оптимизатором.

Управление ресурсно-ограниченным портфелем требует ответа не только на вопрос о приоритетности проектов, но и на вопрос об условиях реализуемости выбранного структурного перехода. Предложенный подход делает эти условия явными. Его прикладное применение на предприятии предполагает предварительную верификацию проектных оценок, правомерности и организационной выполнимости изменений; только после этого расчетный прирост может интерпретироваться как объективное основание для управленческого решения.

***Направления дальнейших исследований***

Приоритетным направлением развития темы является апробация метода на ретроспективных и текущих данных реального промышленного предприятия (реестре технологических инициатив, календарях инженерных команд, графиках загрузки испытательных мощностей и фактических затратах на пересмотр решений). Следующими важными задачами являются явное включение в модель неопределенности технологического результата, ограничений по компетенциям (человеческому капиталу) и затрат на переключение, а также сравнительный анализ точного и приближенного построения ресурсных пакетов на более крупных открытых наборах данных [30]. Отдельно следует исследовать, меняет ли применение предложенной диагностики качество стратегических решений портфельного комитета в реальных условиях, а не только значение целевой функции расчетной модели.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ташкинов А.Г. (2026) Концептуальная модель цифровой адаптивной экосистемы промышленного предприятия в условиях индустрии 4.0. *π-Economy*, 19 (1), 36–61. DOI: 10.18721/JE.19102

2. Tavana M., Senisel Bachari M., Solouki A., Larni-Fooeik A., Ghanbari H. (2025) A comprehensive framework for multi-aspectual project portfolio resource allocation and evaluation. *Advanced Engineering Informatics*, 68 (C), 103773. DOI: 10.1016/j.aei.2025.103773

3. Vieira G.B., Oliveira H.S., de Almeida J.A., Belderrain M.C.N. (2024) Project Portfolio Selection considering interdependencies: A review of terminology and approaches. *Project Leadership and Society*, 5, 100115. DOI: 10.1016/j.plas.2023.100115

4. Archer N.P., Ghasemzadeh F. (1999) An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, 17 (4), 207–216. DOI: 10.1016/S0263-7863(98)00032-5

5. Blichfeldt B.S., Eskerod P. (2008) Project portfolio management – There's more to it than what management enacts. *International Journal of Project Management*, 26 (4), 357–365. DOI: 10.1016/j.ijproman.2007.06.004

6. Jonas D. (2010) Empowering project portfolio managers: How management involvement impacts project portfolio management performance. *International Journal of Project Management*, 28 (8), 818–831. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.07.002

7. Martinsuo M. (2013) Project portfolio management in practice and in context. *International Journal of Project Management*, 31 (6), 794–803. DOI: 10.1016/j.ijproman.2012.10.013

8. Каталевский Д.Ю., Космодемьянская Н.В., Гришин А.Г. (2024) Управление портфелем научно-исследовательских разработок: опыт Сколковского института науки и технологий. *Российский журнал менеджмента*, 22 (4), 635–654. DOI: 10.21638/spbu18.2024.401

9. Ташкинов А.Г. (2025) Управление портфелем проектов цифровой трансформации промышленного предприятия. *Вестник проектного управления*, 1 (1), 10–15. DOI: 10.26425/3034-6916-2025-1-1-10-15

10. Бекетов С.М., Дергачёв М.В. (2025) Алгоритм управления портфелем инновационных проектов на основе Парето-оптимального распределения трудовых ресурсов. *Инновации*, 2 (304), 71–76.

11. Лёвина А., Калязина С., Трифонова Н., Антонов А., Абрамов В. (2025) Агентная модель поддержки принятия решений по управлению портфелем проектов. *Sustainable Development and Engineering Economics*, 1, 4. DOI: 10.48554/SDEE.2025.1.4

12. Трифонов И.В., Баркова Н.Ю., Музюкова Е.В., Шаймиева Э.Ш. (2026) Управление портфелем проектов цифровой трансформации в горнодобывающих компаниях Российской Федерации: модель оценки зрелости и факторы экономической результативности. *Горная промышленность*, 4, 74–82. DOI: 10.30686/1609-9192-2026-4-74-82

13. Danesh D., Ryan M.J., Abbasi A. (2018) Multi-criteria decision-making methods for project portfolio management: A literature review. *International Journal of Management and Decision Making*, 17 (1), 75–94. DOI: 10.1504/IJMDM.2018.088813

14. Mohagheghi V., Mousavi S.M., Antuchevičienė J., Mojtahedi M. (2019) Project portfolio selection problems: A review of models, uncertainty approaches, solution techniques, and case studies. *Technological and Economic Development of Economy*, 25 (6), 1380–1412. DOI: 10.3846/tede.2019.11410

15. Hartmann S., Briskorn D. (2022) An updated survey of variants and extensions of the resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 297 (1), 1–14. DOI: 10.1016/j.ejor.2021.05.004

16. Arratia-Martinez N.M., Hernandez-Gonzalez N.M., Lopez-Irarragorri F. (2021) Project Portfolio Selection and Scheduling with Resource Allocation, Synergies, and Project Divisibility. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 4163287. DOI: 10.1155/2021/4163287

17. Qiu B., Dou Y., Chen Z. (2024) Optimizing Multi-Stage Project Portfolio Selection Considering Integrating Lifecycle and Interactions. *Systems*, 12 (10), 414. DOI: 10.3390/systems12100414

18. Wang Z., Esangbedo M.O., Bai S. (2023) Project portfolio selection based on multi-project synergy. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 19 (1), 117–138. DOI: 10.3934/jimo.2021177

19. Shen Z., Li X. (2023) An extended model of dynamic project portfolio selection problem considering synergies between projects. *Computers & Industrial Engineering*, 179, 109175. DOI: 10.1016/j.cie.2023.109175

20. Tsai J.-F., Lin M.-H. (2026) An efficient linearization approach for project portfolio selection problems considering project interdependencies. *Computational Optimization and Applications*, 94 (3), 1187–1226. DOI: 10.1007/s10589-026-00785-1

21. Jang H., Suh E.S. (2025) Technology Infusion Analysis-Based Research and Development Project Portfolio Valuation. *Systems Engineering*, 28 (6), 675–690. DOI: 10.1002/sys.21817

22. Fliedner T., Liesiö J. (2016) Adjustable robustness for multi-attribute project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 252 (3), 931–946. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.01.058

23. Mavrotas G., Makryvelios E. (2021) Combining multiple criteria analysis, mathematical programming and Monte Carlo simulation to tackle uncertainty in Research and Development project portfolio selection: A case study from Greece. *European Journal of Operational Research*, 291 (2), 794–806. DOI: 10.1016/j.ejor.2020.09.051

24. Habibi F., Chakrabortty R.K., Servranckx T., Abbasi A., Vanhoucke M. (2025) Project portfolio selection and scheduling problem under material supply uncertainty. *Operations Management Research*, 18 (1), 226–256. DOI: 10.1007/s12063-024-00532-x

25. Saiz M., Calvet L., Juan A.A., Lopez-Lopez D. (2024) A simheuristic for project portfolio optimization combining individual project risk, scheduling effects, interruptions, and project risk correlations. *Computers & Industrial Engineering*, 198, 110694. DOI: 10.1016/j.cie.2024.110694

26. Tian M., Li X. (2025) Robust optimization for multi-project scheduling via the critical chain method. *PLoS One*, 20 (11), e0336350. DOI: 10.1371/journal.pone.0336350

27. Han R., Zhao Z., Ma Q. (2025) Modeling for delay of risk propagation in divisible project portfolio selection based on the project interaction. *Expert Systems with Applications*, 275, 127109. DOI: 10.1016/j.eswa.2025.127109

28. Bai L., Zhang L., Zhang L., Shao K., Luo X. (2025) Unlocking the potential of project portfolio: Value-oriented interactive risk management. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12 (1), 1012. DOI: 10.1057/s41599-025-05296-8

29. Durbach I.N., Algorta S., Kantu D.K., Katsikopoulos K.V., Şimşek Ö. (2020) Fast and frugal heuristics for portfolio decisions with positive project interactions. *Decision Support Systems*, 138, 113399. DOI: 10.1016/j.dss.2020.113399

30. Harrison K.R., Elsayed S.M., Garanovich I.L., Weir T., Boswell S.G., Sarker R.A. (2022) Generating datasets for the project portfolio selection and scheduling problem. *Data in Brief*, 42, 108208. DOI: 10.1016/j.dib.2022.108208

## REFERENCES

1. Tashkinov A.G. (2026) Conceptual model of a digital adaptive ecosystem for an industrial enterprise in Industry 4.0. *π-Economy*, 19 (1), 36–61. DOI: 10.18721/JE.19102

2. Tavana M., Senisel Bachari M., Solouki A., Larni-Fooeik A., Ghanbari H. (2025) A comprehensive framework for multi-aspectual project portfolio resource allocation and evaluation. *Advanced Engineering Informatics*, 68 (C), 103773. DOI: 10.1016/j.aei.2025.103773

3. Vieira G.B., Oliveira H.S., de Almeida J.A., Belderrain M.C.N. (2024) Project Portfolio Selection considering interdependencies: A review of terminology and approaches. *Project Leadership and Society*, 5, 100115. DOI: 10.1016/j.plas.2023.100115

4. Archer N.P., Ghasemzadeh F. (1999) An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, 17 (4), 207–216. DOI: 10.1016/S0263-7863(98)00032-5

5. Blichfeldt B.S., Eskerod P. (2008) Project portfolio management – There's more to it than what management enacts. *International Journal of Project Management*, 26 (4), 357–365. DOI: 10.1016/j.ijproman.2007.06.004

6. Jonas D. (2010) Empowering project portfolio managers: How management involvement impacts project portfolio management performance. *International Journal of Project Management*, 28 (8), 818–831. DOI: 10.1016/j.ijproman.2010.07.002

7. Martinsuo M. (2013) Project portfolio management in practice and in context. *International Journal of Project Management*, 31 (6), 794–803. DOI: 10.1016/j.ijproman.2012.10.013

8. Katalevsky D.Y., Kosmodemianskaya N.V., Grishin A.G. (2024) A portfolio approach to the management of R&D projects of a technological university: The case of the Skolkovo Institute of Science and Technology. *Russian Management Journal*, 22 (4), 635–654. DOI: 10.21638/spbu18.2024.401

9. Tashkinov A.G. (20255) Managing the portfolio of digital transformation projects of an industrial enterprise. *Journal of Project Management*, 1 (1), 10–15. DOI: 10.26425/3034-6916-2025-1-1-10-15

10. Beketov S.M., Dergachev M.V. (2025) Algorithm for managing a portfolio of innovative projects based on the Pareto-optimal allocation of labor resources. *Innovations*, 2 (304), 71–76.

11. Levina A., Kalyazina S., Trifonova N., Antonov A., Abramov V. (2025) Agent-Based Decision Support Model for Project Portfolio Management. *Sustainable Development and Engineering Economics*, 1, 4. DOI: 10.48554/SDEE.2025.1.4

12. Trifonov I.V., Barkova N.Yu., Muzyukova E.V., Shaimieva E.Sh. (2026) Managing a portfolio of a digital transformation project in mining companies of the Russian Federation: a maturity assessment model and factors of economic performance. *Russian Mining Industry*, 4, 74–82. DOI: 10.30686/1609-9192-2026-4-74-82

13. Danesh D., Ryan M.J., Abbasi A. (2018) Multi-criteria decision-making methods for project portfolio management: A literature review. *International Journal of Management and Decision Making*, 17 (1), 75–94. DOI: 10.1504/IJMDM.2018.088813

14. Mohagheghi V., Mousavi S.M., Antuchevičienė J., Mojtahedi M. (2019) Project portfolio selection problems: A review of models, uncertainty approaches, solution techniques, and case studies. *Technological and Economic Development of Economy*, 25 (6), 1380–1412. DOI: 10.3846/tede.2019.11410

15. Hartmann S., Briskorn D. (2022) An updated survey of variants and extensions of the resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 297 (1), 1–14. DOI: 10.1016/j.ejor.2021.05.004

16. Arratia-Martinez N.M., Hernandez-Gonzalez N.M., Lopez-Irarragorri F. (2021) Project Portfolio Selection and Scheduling with Resource Allocation, Synergies, and Project Divisibility. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 4163287. DOI: 10.1155/2021/4163287

17. Qiu B., Dou Y., Chen Z. (2024) Optimizing Multi-Stage Project Portfolio Selection Considering Integrating Lifecycle and Interactions. *Systems*, 12 (10), 414. DOI: 10.3390/systems12100414

18. Wang Z., Esangbedo M.O., Bai S. (2023) Project portfolio selection based on multi-project synergy. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 19 (1), 117–138. DOI: 10.3934/jimo.2021177

19. Shen Z., Li X. (2023) An extended model of dynamic project portfolio selection problem considering synergies between projects. *Computers & Industrial Engineering*, 179, 109175. DOI: 10.1016/j.cie.2023.109175

20. Tsai J.-F., Lin M.-H. (2026) An efficient linearization approach for project portfolio selection problems considering project interdependencies. *Computational Optimization and Applications*, 94 (3), 1187–1226. DOI: 10.1007/s10589-026-00785-1

21. Jang H., Suh E.S. (2025) Technology Infusion Analysis-Based Research and Development Project Portfolio Valuation. *Systems Engineering*, 28 (6), 675–690. DOI: 10.1002/sys.21817

22. Fliedner T., Liesiö J. (2016) Adjustable robustness for multi-attribute project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 252 (3), 931–946. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.01.058

23. Mavrotas G., Makryvelios E. (2021) Combining multiple criteria analysis, mathematical programming and Monte Carlo simulation to tackle uncertainty in Research and Development project portfolio selection: A case study from Greece. *European Journal of Operational Research*, 291 (2), 794–806. DOI: 10.1016/j.ejor.2020.09.051

24. Habibi F., Chakrabortty R.K., Servranckx T., Abbasi A., Vanhoucke M. (2025) Project portfolio selection and scheduling problem under material supply uncertainty. *Operations Management Research*, 18 (1), 226–256. DOI: 10.1007/s12063-024-00532-x

25. Saiz M., Calvet L., Juan A.A., Lopez-Lopez D. (2024) A simheuristic for project portfolio optimization combining individual project risk, scheduling effects, interruptions, and project risk correlations. *Computers & Industrial Engineering*, 198, 110694. DOI: 10.1016/j.cie.2024.110694

26. Tian M., Li X. (2025) Robust optimization for multi-project scheduling via the critical chain method. *PLoS One*, 20 (11), e0336350. DOI: 10.1371/journal.pone.0336350

27. Han R., Zhao Z., Ma Q. (2025) Modeling for delay of risk propagation in divisible project portfolio selection based on the project interaction. *Expert Systems with Applications*, 275, 127109. DOI: 10.1016/j.eswa.2025.127109

28. Bai L., Zhang L., Zhang L., Shao K., Luo X. (2025) Unlocking the potential of project portfolio: Value-oriented interactive risk management. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12 (1), 1012. DOI: 10.1057/s41599-025-05296-8

29. Durbach I.N., Algorta S., Kantu D.K., Katsikopoulos K.V., Şimşek Ö. (2020) Fast and frugal heuristics for portfolio decisions with positive project interactions. *Decision Support Systems*, 138, 113399. DOI: 10.1016/j.dss.2020.113399

30. Harrison K.R., Elsayed S.M., Garanovich I.L., Weir T., Boswell S.G., Sarker R.A. (2022) Generating datasets for the project portfolio selection and scheduling problem. *Data in Brief*, 42, 108208. DOI: 10.1016/j.dib.2022.108208

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**РОДИОНОВ Алексей Владимирович**
E-mail: avrpost@bk.ru
**Alexey V. RODIONOV**
E-mail: avrpost@bk.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9311-4896

**КРУТЬ Анатолий Александрович**
E-mail: a.transport62@mail.ru
**Anatoly A. KRUT**
E-mail: a.transport62@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5105-2878

**ПАНЕНКО Анна Ивановна**
E-mail: panenko.ann@list.ru
**Anna I. PANENKO**
E-mail: panenko.ann@list.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9691-0794

*Поступила: 28.09.2026; Одобрена: 08.10.2026; Принята: 08.10.2026.*
*Submitted: 28.09.2026; Approved: 08.10.2026; Accepted: 08.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 27–52.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 27–52.

Научная статья
УДК 338
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19502
EDN: https://elibrary/BSTBCU

# УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ НА ОСНОВЕ ИНДУСТРИИ 5.0

**О.Н. Киселева**[1,2] ✉

[1] Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), Москва, Российская Федерация;

[2] Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Российская Федерация

✉ o.kirichenko@rambler.ru

**Аннотация.** Сложившиеся условия в российской экономике определяют высокие требования к предприятиям промышленности, которые должны быть способными не только осуществлять текущую деятельность, но и реализовывать проекты развития, лежащие на траектории достижения целей технологического суверенитета и лидерства нашей страны. Однако в настоящее время наблюдается промышленный спад, отражающий наличие вызовов и проблем в производственном секторе экономики, что может оказать негативное влияние на достижение стратегических целей нашего государства. Обеспечить необходимую резильентность предприятий промышленности позволяет устойчивое развитие, ключевым фактором которого являются инновационные процессы, требующие реализации эффективного управления ими. При этом используемые сегодня подходы к управлению инновационными процессами промышленных предприятий не учитывают критерии устойчивого развития, а также ориентируются преимущественно на «ограниченное» применение цифровых технологий, нивелирующее возможности «синергетического» взаимодействия, в частности, предоставляемые Индустрией 5.0. Целью исследования является развитие теоретических положений управления инновационными процессами устойчивого развития предприятий промышленности, основанных на интеграции цифровых технологий Индустрии 5.0. Методология исследования основана на изучении научных работ в области устойчивого и инновационного развития, цифровых технологий, представленных в системе Google Scholar; были использованы данные официальной статистики, аналитических отчетов об устойчивом и инновационном развитии промышленных предприятий России, использовании цифровых технологий, обзоры практик устойчивого и инновационного развития, а также внедрения технологий Индустрии 5.0. В рамках исследования были применены общенаучные и специальные методы познания, включая теоретический и исторический анализ, метод индукции и дедукции, метод сравнения, метод PRISMA. Определены превалирующие в настоящее время подходы и взгляды исследователей в фокусе вопроса управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий. Идентифицированы возможности технологий Индустрии 5.0 для целей эффективного управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий. Сформулированы направления развития управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий на основе применения технологий Индустрии 5.0. Новизна данного исследования заключается в развитии положений в аспекте управления инновационными процессами промышленного предприятия в фокусе ESG-трансформации на основе возможностей технологий Индустрии 5.0, комплементарная реализация которых будет способствовать не только «ускоренному» устойчивому развитию, но и активизации инновационной деятельности, а возникающий синергетический эффект может придать дополнительный импульс к достижению технологического суверенитета и лидерства нашей страны в целом. Практическая значимость исследования

© Киселева О.Н., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

заключается в идентификации направлений активизации процессов инновационного развития промышленных предприятий в фокусе их устойчивого развития, что лежит в основе обеспечения резильентности и достижения целей, поставленных в контексте технологического суверенитета и лидерства нашего государства. Полученные результаты могут лечь в основу формирования подходов, механизмов и инструментов осуществления инновационной деятельности промышленных предприятий, способствующих ускорению их ESG-трансформации, выступающей фактором формирования собственной технико-технологической основы и разработки решений, превосходящих существующие на мировом рынке.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, управление, инновационные процессы, цифровые технологии, Индустрия 5.0, промышленные предприятия, искусственный интеллект, управленческие решения

**Для цитирования:** Киселева О.Н. (2026) Управление инновационными процессами устойчивого развития предприятий промышленности России на основе Индустрии 5.0. π-Economy, 19 (5), 27–52. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19502

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19502

# MANAGEMENT OF INNOVATIVE PROCESSES FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RUSSIAN INDUSTRIAL ENTERPRISES BASED ON INDUSTRY 5.0

**O.N. Kiseleva**[1,2] ✉

[1] Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation;

[2] Yuri Gagarin State Technical University or Saratov, Saratov, Russian Federation

✉ o.kirichenko@rambler.ru

**Abstract.** The current conditions in the Russian economy place high demands on industrial enterprises, which must not only be capable of carrying out their current operations but also implement development projects that align with the trajectory of achieving our country's technological sovereignty and leadership goals. However, at present, there is an industrial downturn, reflecting the presence of challenges and problems in the manufacturing sector of the economy, which may have a negative impact on the achievement of our state's strategic goals. Sustainable development, with innovation processes as its key factor – and requiring effective management of these processes – can ensure the necessary resilience of industrial enterprises. At the same time, the approaches used today to managing innovation processes in industrial enterprises do not take into account the criteria of sustainable development, and also focus mainly on the "limited" use of digital technologies, leveling the possibilities of "synergetic" interaction, in particular, provided by Industry 5.0. The purpose of the study is to develop theoretical provisions for managing innovation processes of sustainable development of industrial enterprises based on integration of Industry 5.0 digital technologies. The research methodology is based on the study of scientific papers in the field of sustainable and innovative development, digital technologies presented in the Google Scholar database; official statistics, analytical reports on the sustainable and innovative development of industrial enterprises in Russia, the use of digital technologies, reviews of practices of sustainable and innovative development, as well as implementation of Industry 5.0 technologies. The research applied general scientific and special methods of cognition, including theoretical and historical analysis, the method of induction and deduction, the method of comparison, the PRISMA method. The currently prevailing approaches and views of researchers in the context of managing the innovative processes of sustainable development of industrial enterprises have been identified. The capabilities of Industry 5.0 technologies have been identified for the purposes of effectively managing the innovative processes of sustainable development of industrial enterprises. The directions for developing the management of innovative processes for the sustainable development of industrial enterprises based on the application of Industry 5.0 technologies have been formulated. The novelty

© Kiseleva O.N., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

of this study lies in the development of concepts in the aspect of managing the innovative processes of an industrial enterprise, with a focus on ESG transformation, based on the capabilities of Industry 5.0 technologies. The complementary implementation of these technologies will not only contribute to "accelerated" sustainable development but also to the activation of innovative activity, and the resulting synergistic effect may provide an additional impetus to achieving technological sovereignty and leadership for our country. The practical significance of the study lies in identifying the directions for enhancing the processes of innovative development of industrial enterprises in the focus of their sustainable development, which forms the basis for ensuring resilience and achieving the goals set in the context of technological sovereignty and leadership of our state. The results obtained can form the basis for developing approaches, mechanisms, and tools for carrying out innovative activities of industrial enterprises, which contribute to accelerating their ESG transformation, which acts as a factor in forming their own technical and technological foundation and developing solutions that surpass those existing on the global market.

**Keywords:** sustainable development, management, innovative processes, digital technologies, Industry 5.0, industrial enterprises, artificial intelligence, management decisions

**Citation:** Kiseleva O.N. (2026) Management of innovative processes for the sustainable development of Russian industrial enterprises based on industry 5.0. $\pi$-Economy, 19 (5), 27–52. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19502

## Введение

### *Актуальность исследования*

Объектом исследования данной работы являются процессы управления разработкой и реализацией инноваций, лежащие в основе устойчивого развития промышленных предприятий России как фактора достижения технологической независимости и лидерства в условиях цифровой трансформации. Сегодня в условиях жесточайшей санкционной политики в отношении нашего государства со стороны недружественных стран и реализации – как ответной реакции – политики технологического суверенитета и лидерства России важнейшее значение приобретает резильентность отечественных промышленных предприятий, их способность не только «ответить» на возникающие вызовы со стороны внешней среды и сохранить свое функционирование, но и обеспечить создание новых производств и разработку технологий, опережающих уже существующие решения на мировом рынке, т.к. именно промышленность является приоритетной отраслью государства, наделенной задачей формировать и развивать экономику страны [1, 2]. Однако, как показывают данные официальной статистики, в течение 2026 г. наблюдается неравномерная динамика индекса промышленного производства с преобладающим снижением его значения по сравнению с данными предыдущего года (рис. 1). Как указывается экспертами, имеет место промышленный спад, «встроенный» в широкое торможение хозяйственной активности, при котором 17 из 25 крупных отраслей обработки, формирующих большую часть выручки сектора, показывают падение[1]. Это свидетельствует не только о наличии серьезных вызовов и проблем в производственном секторе экономики, но и о существующих угрозах недостижения целей в области суверенитета и лидерства.

Как показывают современные исследования, обеспечить необходимую резильентность предприятий промышленности позволяет устойчивое развитие, а его ключевым драйвером выступает инновационная деятельность [3, 4], т.к. инновации являются не только «выходом» процессов устойчивого развития (особенно в части ресурсоэффективности), но и связующим звеном между экологической, социальной и экономической составляющими [5, 6]. Соответственно, для того чтобы ускорить темпы устойчивого развития предприятий промышленности и тем самым «преломить» сложившиеся негативные тенденции в отрасли, необходимо интегрировать такую систему управления инновационными процессами, которая обеспечивала бы интенсификацию

[1] РБК Компании (2026) *Экономика в начале 2026 года: от роста к структурному сжатию*. [online] Available at: https://companies.rbc.ru/news/XdeQRETuuk/ekonomika-v-nachale-2026-goda-ot-rosta-k-strukturnomu-szhatiyu/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F [Accessed 17.09.2026]. (in Russian)

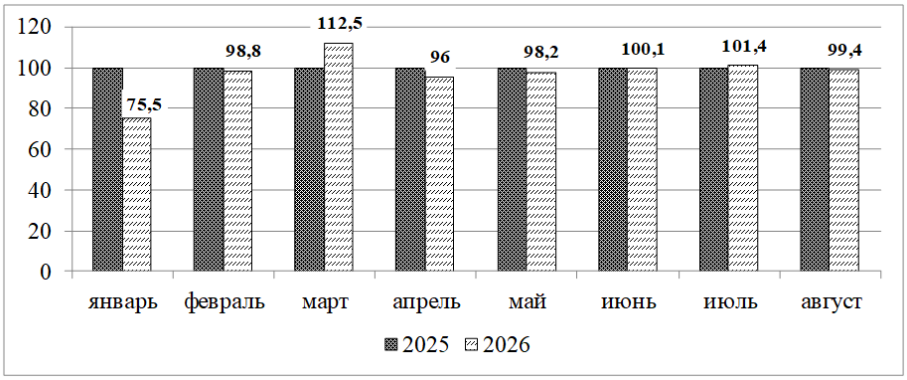



Рис. 1. Индекс промышленного производства в 2026 г. к предыдущему году, %
Fig. 1. Industrial production index in 2026, as a percentage of the previous period, %

генерирования и реализации инновационных идей с учетом существующих вызовов и ограничений, что может быть достигнуто посредством обращения к современным цифровым технологиям.

Ключевая идея данного исследования состоит в том, что реализуемые в настоящее время подходы к управлению инновационными процессами промышленных предприятий являются «узкими», не учитывают критерии устойчивого развития, а также ориентируются преимущественно на использование цифровых технологий в качестве инструмента автоматизации и снижения «рутинизации» операций, выполняемых человеком. Кроме того, имеют место фрагментарность и акцентирование внимания лишь на отдельных этапах инновационных процессов, тогда как эффективное решение поставленных задач возможно при условии формирования «бесшовного» контура управления, охватывающего весь цикл разработки и реализации инновационной идеи.

В отличие от существующих решений в аспекте управления инновационными процессами промышленных предприятий, в настоящей статье не только акцентируется внимание на формировании единого контура управления инновационными процессами промышленного предприятия, отвечающего запросам устойчивого развития, но и исследуются цифровые технологии, основанные на синергетическом взаимодействии человека и «цифры», а именно технологии Индустрии 5.0.

Новизна данного исследования заключается в развитии существующих взглядов в аспекте управления инновационными процессами промышленного предприятия на основе возможностей технологий Индустрии 5.0, обеспечивающем соответствие принципам устойчивого развития, чья комплементарная реализация будет способствовать не только ускоренной ESG-трансформации предприятий, но и активизации их инновационной деятельности, а возникающий синергетический эффект может придать дополнительный импульс к достижению технологического суверенитета и лидерства нашей страны в целом.

Практическая значимость исследования заключается в идентификации направления активизации процессов инновационного развития промышленных предприятий в фокусе их устойчивого развития, что лежит в основе обеспечения резильентности и достижения целей, поставленных в контексте технологического суверенитета и лидерства нашего государства. Полученные результаты могут лечь в основу формирования подходов, механизмов и инструментов осуществления инновационной деятельности промышленных предприятий, способствующих ускорению их ESG-трансформации, которая выступает фактором формирования собственной технико-технологической основы и разработки решений, превосходящих существующие на мировом рынке.

***Литературный обзор***

Прежде чем перейти к вопросу управления инновационными процессами в аспекте устойчивого развития промышленных предприятий, необходимо сформировать теоретический контур данного понятия. Анализ ограничивается исследовательскими взглядами, лежащими в плоскости именно устойчивого развития промышленных предприятий, и не обращается к «истокам» и эволюции формирования самого понятия «устойчивое развитие», т.к. это уже достаточно освещено в работах отечественных и зарубежных авторов. Лишь для формирования единого понимания в данной работе используется «базовое» определение устойчивого развития, сформулированное в докладе «Наше общее будущее» в 1987 г. Международной Комиссией по окружающей среде и развитию [7], как парадигмы, направленной на удовлетворение потребностей настоящего поколения без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности, в основе которой лежит гармонизация экономического роста, заботы об окружающей среде и социальной ответственности. При этом основным инструментом, через который сегодня происходит трансляция постулатов устойчивого развития на уровень предприятий, является так называемая ESG-трансформация как процесс интеграции принципов экологической безопасности, социальной ответственности и эффективного корпоративного управления в деятельность отдельных хозяйствующих субъектов.

Обращаясь к тематике устойчивого развития именно промышленных предприятий, необходимо отметить, что данное направление научных исследований в отечественной литературе является не столь популярным в общей совокупности научных работ по теме устойчивого развития, что отражают, к примеру, данные системы Google Scholar. Так, если на запрос «устойчивое развитие» система представляет 738000 научных работ за все время их индексации в базе, то по тематике «устойчивое развитие промышленных предприятий» результатами поиска являются 77800 научных исследований, то есть около 10% от результатов первого запроса. Однако необходимо отметить рост исследовательского интереса к данной проблеме за последние несколько лет, очевидно, по причине, указанной в начале данной статьи. Так, начиная с 2022 г. соотношение научных работ по теме «устойчивое развитие» и «устойчивое развитие промышленных предприятий» составило 31500 ед. : 16700 ед. соответственно, а с 2025 г. – 17400 ед. : 8410 ед. соответственно, что демонстрирует возрастающую актуальность обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий. Данные с 2026 г. отражают снижение количества научных работ по рассматриваемому направлению, однако говорить об объективности сравнения, учитывая тот факт, что год еще не завершился, не представляется возможным.

В целом динамика исследовательского интереса отечественных ученых в области устойчивого развития промышленных предприятий на основе данных системы Google Scholar представлена на рис. 2.

Для сравнения, среди зарубежных авторов присутствует более высокий интерес к затронутой теме, что отражается как через количество работ, так и через их динамику за рассматриваемый период (рис. 3). Так, на запрос “sustainable development” («устойчивое развитие») система представляет 5140000 научных работ за все время их индексации, тогда как по тематике “sustainable development of industrial enterprises” («устойчивое развитие промышленных предприятий») – 4040000 научных исследований, что составляет почти 79% от результатов первого запроса.

Проведенный анализ работ отечественных авторов показывает, что зачастую проблема устойчивого развития промышленных предприятий рассматривается или через призму обеспечения реализации основополагающих принципов (так называемых ESG-принципов), или во взаимосвязи с понятием «сбалансированность». При этом, как правило, само понятие «устойчивое развитие промышленных предприятий» не носит какого-либо специфичного характера, а скорее проецирует характеристику «устойчивости» на промышленное предприятие. Лишь в некоторых

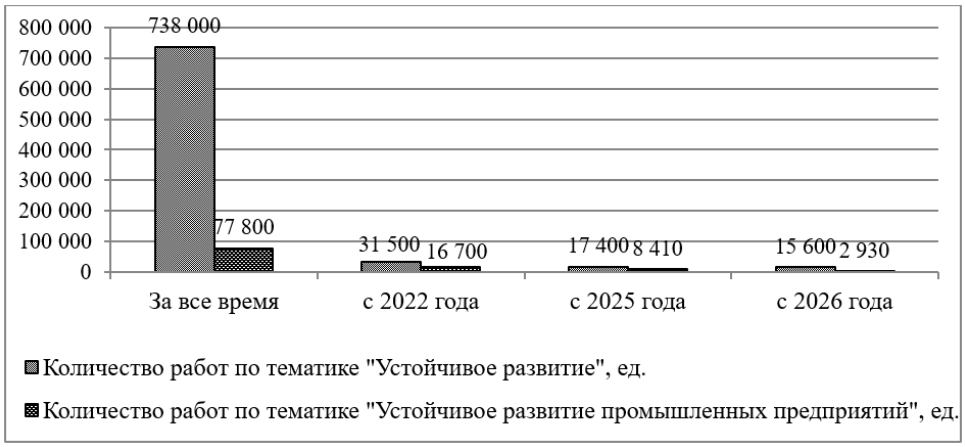



Рис. 2. Динамика исследовательского интереса в отечественной научной литературе
по тематикам «устойчивое развитие» и «устойчивое развитие промышленных предприятий»
Fig. 2. Dynamics of research interest in domestic scientific literature regarding
the topics of “sustainable development” and “sustainable development of industrial enterprises”

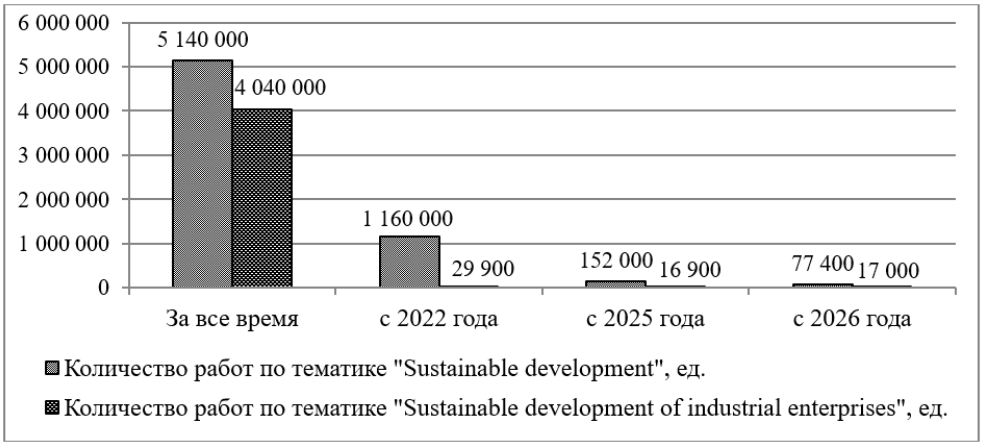



Рис. 3. Динамика исследовательского интереса в зарубежной научной литературе
по тематикам “sustainable development” и “sustainable development of industrial enterprises”
Fig. 3. Dynamics of research interest in foreign scientific literature
on the topics of “sustainable development” and “sustainable development of industrial enterprises”

исследованиях можно встретить самостоятельное понятие «устойчивое развитие промышленного предприятия». Так, в работе [8] в качестве устойчивого развития промышленных предприятий рассматривается концепция, очерчивающая систему долгосрочных ориентиров и ограничений (экологических, социальных, регуляторных), при соблюдении которых предприятие получает легитимное право на экономическое существование в будущем. Также можно встретить исследовательское мнение, согласно которому, устойчивое развитие промышленного предприятия представляет собой непрерывное динамическое качественное изменение его показателей, обусловленное внедрением новых технологий, совершенствованием бизнес-процессов, грамотным управлением экономическим потенциалом предприятия [9]. Кроме того, исследуемая категория рассматривается как комплексная стратегическая цель, необходимая для гармонизации внутрифирменного и стратегического планирования, а также для адаптации аппарата

планирования к изменению внешней среды, включая кризисные ситуации, и как «процесс непрерывных позитивных сбалансированных изменений экономического, социального и экологического характера, направленных на повышение качества жизни работников, уровня благосостояния собственников (акционеров) и на обеспечение будущего долгосрочного существования предприятия» [10].

В зарубежных работах, посвященных проблеме устойчивого развития промышленных предприятий, как правило, отсутствует какое-либо специфическое определение данного понятия, которое рассматривается как неотъемлемая часть глобальной тенденции реализации целей устойчивого развития [11, 12].

Таким образом, в настоящее время устойчивое развитие промышленных предприятий рассматривается или как концепция (в более общем понимании), или как процесс трансформации их функционирования, ориентированный на интеграцию экологических, социальных и экономических принципов в деятельность хозяйствующих субъектов таким образом, чтобы сформировать эффективную бизнес-модель деятельности, позволяющую вести рентабельную деятельность, обеспечивающую возможность развития, при соблюдении социальной ответственности и требований экологической безопасности. В свою очередь, такая гармонизация не только придает дополнительный импульс динамике развития самого промышленного предприятия, но и оказывает положительное влияние на вектор достижения технологического суверенитета и лидерства государства.

При этом, обосновывая роль и значимость устойчивого развития промышленных предприятий, как отечественные, так зарубежные авторы указывают на предоставляемые возможности рационального использования ресурсов [13, 14], участие в достижении целей устойчивого развития на макро- и мезоуровне [15, 16], повышение конкурентоспособности[2] [17], создание благоприятных условий для экономического развития [18, 19] и другие аспекты. Необходимо отметить и появление в последние несколько лет работ, посвященных влиянию устойчивого развития на достижение суверенитета и лидерства нашего государства [20, 21], что подтверждает актуальность темы данной работы. При этом интересной является позиция авторов, рассматривающих обратную связь, т.е. технологическое лидерство как фактор устойчивого развития государства [22].

Очевидно, предоставляемый спектр положительных эффектов определяет поиск факторов интенсификации процессов устойчивого развития промышленных предприятий, среди которых наряду с образованием, сотрудничеством, инфраструктурой, финансированием [23–27] в настоящее время преимущественным значением обладают инновации [28, 29] и цифровые технологии [30–32]. При этом, согласно исследовательскому мнению, если инновации представляют собой продуктовые и технологические решения, направленные непосредственно на выполнение требований основных принципов устойчивого развития, среди которых в настоящее время превалируют так называемые «экологические» [33, 34], «зеленые» [35] и «устойчивые» инновации [36, 37], то цифровые технологии играют роль катализатора, или «ускорителя», как инновационных процессов в частности, так и процессов устойчивого развития в целом [38–41].

Однако при существующей актуальности вопросов устойчивого развития промышленных предприятий в контексте происходящих событий, особенно для нашего государства, наблюдается «недостаточная» изученность вопросов управления инновационными процессами, лежащими в основе реализации «устойчивой» повестки, что негативно сказывается на ее динамике и, соответственно, на скорости перехода к независимости и лидерству. Так, проведенный анализ теоретических работ демонстрирует определенную узость исследовательского интереса к рассматриваемому вопросу, что отражается в изучении отдельных аспектов управления (например,

[2] РБК Тренды (2026) *Свой путь: что будет с ESG-повесткой в России*. [online] Available at: https://trends.rbc.ru/trends/green/6544bc319a794766281b034c [Accessed 12.09.2026]. (in Russian)

механизмов и технологий [19, 42–45]), в наличии определенных пробелов в теории (например, в отношении формирования стратегии устойчивого развития промышленных предприятий [46, 47]), тогда как единые концептуальные положения, лежащие в основе формирования эффективной интегрированной системы управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий, не сформулированы. Кроме того, необходимо отметить и достаточно «ограниченный» взгляд в отношении использования цифровых технологий в этих процессах, когда основное внимание уделяется вопросам применения технологий Индустрии 4.0 [48, 49], тогда как технологии Индустрии 5.0 рассматриваются или в аспекте отдельных этапов [50], или в фокусе формирования экосистем [51, 52] и регионального устойчивого развития [53].

Таким образом, несмотря на существующий значительный массив теоретических исследований вопросов устойчивого развития промышленных предприятий, имеет место определенный пробел в теории (и, соответственно, в практике), выраженный в недостаточном исследовании вопросов формирования эффективной системы управления инновационными процессами устойчивого развития предприятий промышленности на основе применения современных цифровых технологий в едином контуре. Вместе с тем, как показывает практика, интенсификация процессов инновационного развития предприятия, ориентированных на его устойчивую трансформацию на основе цифровой интеграции, может способствовать достижению и синергетического эффекта [54–57].

Соответственно, целью данной работы является развитие положений в аспекте управления инновационными процессами устойчивого развития предприятий промышленности, основанных на интеграции цифровых технологий.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1) провести анализ существующих теоретических положений относительно концепта управления инновационными процессами промышленных предприятий в аспекте обеспечения устойчивого развития;

2) провести анализ возможностей технологий Индустрии 5.0 для целей эффективного управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий;

3) предложить направления развития управления инновационными процессами промышленных предприятий на основе интегрирования технологий Индустрия 5.0 с целью обеспечения ESG-трансформации.

**Методы и материалы**

Методология исследования основана на применении общенаучных и специальных методов познания, включая теоретический и исторический анализ, метод индукции и дедукции, метод сравнения, метод PRISMA. Теоретическую базу работы составили научные труды отечественных и зарубежных авторов в области устойчивого и инновационного развития, цифровых технологий, представленных в системе Google Scholar. Основой аналитического исследования выступили данные официальной статистики, отчетов об устойчивом и инновационном развитии промышленных предприятий России, об использовании цифровых технологий, обзоры практик устойчивого и инновационного развития, а также внедрения технологий Индустрия 5.0.

Для систематизации научных работ применена методология PRISMA, основанная на библиографическом обзоре литературы по тематике управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий. В качестве источника анализируемого материала для библиографического обзора выступила система Google Scholar. Период исследования – 2016–2026 гг.

Основной целью исследования являются выявление и систематизация существующих положений в аспекте управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий. Ключевыми словами для поиска соответствующей литературы явились:

«управление», «инновационные процессы», «устойчивое развитие», «промышленные предприятия».

Ход исследования был следующим:

1. *Идентификация*. На данном этапе на основе запроса по ключевым словам была сформирована база исследовательских статей в количестве 994 ед.

2. *Скрининг*. Первым шагом на данном этапе из сформированной базы научных работ стало исключение повторяющихся статей (42 ед.). На втором шаге на основе анализа наименований и аннотаций к рассматриваемым публикациям были исключены научные работы, содержание которых не соответствовало поставленной цели. Например, были исключены работы с названиями «Биологизация и биоэкономика АПК: вызовы и перспективы», «Аутсорсинг – эффективный механизм устойчивого развития машиностроительных предприятий», «Государственная промышленная политика как инструмент создания условий развития промышленности строительных материалов» и др. Как результат, были исключены 748 работы. На третьем шаге, предполагающем «поверхностное» ознакомление с полнотекстовыми версиями оставшихся работ, были исключены еще 193 работы, что было определено или отсутствием возможности получения доступа к тексту, или несоответствием (в той или иной мере) содержания исследования рассматриваемой теме. Например, были исключены работы с названиями «Механизм управления инновационной деятельностью промышленного предприятия в условиях цифровой экономики», «Особенности управления инновациями на производственном предприятии», «Оценка эффективности управления инновационными процессами», «Разработка моделей управления инновационными процессами на основе синергии традиционных и цифровых технологий». Таким образом, на следующий этап анализа «перешли» 11 работ.

3. *Приемлемость*. На данном этапе исследования было осуществлено «глубокое» погружение в текст отобранных работ, в результате чего еще четыре публикации были отсеяны. Как результат, на следующий этап перешли семь работ. При этом важно отметить, что из всего перечня рассмотренных публикаций не было найдено исследований, посвященных проблемам управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий. В выборку попали работы, в наибольшей степени соответствующие рассматриваемой тематике.

4. *Включение*. На данном этапе была сформирована сводная таблица, характеризующая дизайн исследования выбранных семи работ (табл. 1).

Процесс исследования и его результаты представлены на рис. 4.

Анализ полученных результатов исследования представлен в следующем разделе.

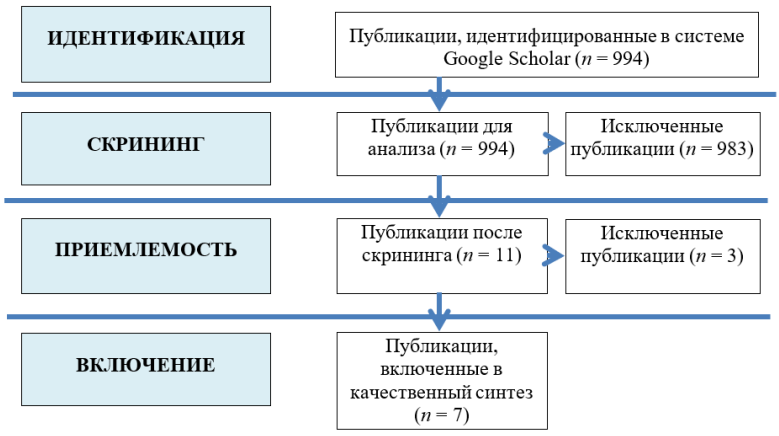



Рис. 4. Блок-схема проведения исследования на основе методологии PRISMA

Fig. 4. Flowchart of the research process based on the PRISMA methodology

**Результаты и обсуждение**

Данные аналитических отчетов демонстрируют достаточно «бодрую» динамику устойчивого развития промышленных предприятий нашей страны. Как указывается, сегодня более 80% крупных российских предприятий внедряют практики ESG-трансформации[3]. Так, согласно ежегодному аналитическому обзору Национального рейтингового агентства, по результатам 2025 г. интегрированная ESG-оценка для представителей промышленного сектора составила 0,71, что на 8% выше значения 2022 г. (0,66)[4]. При этом наблюдается неравномерное изменение основных составляющих интегрированной оценки в течение 2022–2024 гг., что выражается в росте оценок по социальным и экологическим практикам (с 0,68 до 0,76 – на 12% и с 0,59 до 0,67 – на 14% соответственно), тогда как «управленческая» компонента сократилась (с 0,72 до 0,69 – на 4%) (рис. 5).

При этом, как указывается в рассматриваемом отчете, обоснованием превалирования «экологической» и «социальной» составляющих в повестке устойчивого развития отечественных промышленных предприятий являются:

1) происходящая структурная трансформация рынка труда, определяющая необходимость обеспечения «социальной» ориентации, в том числе с целью привлечения и удержания необходимых кадров;

2) утверждение и реализация национальных проектов, в основе которых лежат социальные и экологические практики;

3) усиление привлекательности «экологических» проектов с точки зрения инвестирования и повышения эффективности деятельности, что обусловливает интерес к их осуществлению.

Наряду с увеличением активности в аспекте устойчивого развития сегодня наблюдается и активизация инновационной деятельности промышленных предприятий, что отражается, в частности, в отчетах официальной статистики и аналитических отчетах. Так, согласно данным Росстата, за 2022–2025 гг. уровень инновационной активности организаций промышленного производства увеличился на 17% (с 15,6 до 18,3%). При этом «флагманами» инновационного развития в нашей стране выступают предприятия обрабатывающих производств (показатель увеличился с 20,7 до 24,2% – на 17%), тогда как, к примеру, уровень инновационной активности представителей «добывающего» сектора оставался в течение рассматриваемого периода практически на неизменной уровне (7,1% в 2022 г. и 7,4% в 2025 г. – увеличение на 4%).

Вместе с тем, согласно аналитическим данным экспертов Высшей школы экономики, за 2022–2025 гг. объем инновационной продукции в промышленном производстве возрос с 4934,5 млрд руб. до 9268,1 млрд руб. (или на 88%), из которых к 2025 г. 82% пришлись на предприятия обрабатывающих производств, а 18% – на предприятия сектора добычи полезных ископаемых[5].

Таким образом, при общей положительной тенденции повышения инновационной активности промышленных предприятий, обусловленной прежде всего импульсами политики импортозамещения и технологического суверенитета, имеет место также несбалансированная динамика, при которой предприятия обрабатывающей отрасли демонстрируют «более быстрые» показатели инновационного развития, чем представители других секторов отрасли.

Вместе с тем к 2025 г. имеет место ухудшение показателей, характеризующих уровень деловой активности в промышленной отрасли в целом, спровоцированное влиянием как внешних, связанных прежде всего с геополитикой, так и внутренних, обусловленных экономическими тенденциями факторов. Так, индикатор делового климата для предприятий промышленной отрасли,

[3] Кабаева А., Дубовицкая Е., Кленина А., Эжаева, А., Чернов Н. (2022) *ESG в цифровом мире: вызовы и возможности*. [online] Available at: https://data.tedo.ru/esg/esg-digital.pdf [Accessed 2.09.2026]. (in Russian)

[4] Национальное рейтинговое агентство (2025) *ESG-рэнкинг компаний промышленного сектора: фокус на экономику замкнутого цикла*. [online] Available at: https://www.ra-national.ru/wp-content/uploads/2025/12/rjenking_esg_promyshlennogo_sektora_2025_f.pdf [Accessed 17.09.2026]. (in Russian)

[5] Кузнецова И.А., Фридлянова С.Ю., Дитковский К.А. (2026) *Инновации в промышленности в контексте технологической независимости* [online] Available at: https://issek.hse.ru/news/1202714779.html [Accessed 17.09.2026]. (in Russian)

характеризующий уровень и изменение спроса на рынках и динамику экономической ситуации, для «добывающего» сектора сократился к концу 2024 г. до 95%, что свидетельствует об ухудшении состояния их бизнес-среды [58]. При этом превалирующими составляющими индекса деловых барьеров для представителей данного сектора являются снижение спроса и недостаток финансирования, обусловленный в том числе высокими процентными ставками. Если же обратиться к общей характеристике деловой среды, в условиях которой осуществляется деятельность промышленных предприятий, то, по данным Российского союза промышленников и предпринимателей, к концу 2025 г. имело место замедление российской экономики, выраженное в снижении темпов роста ВВП и промышленного производства, что отразилось в сокращении сводного индекса деловой среды РСПП[6].

Таким образом, на сегодняшний день в промышленной отрасли российской экономики имеют место тенденции как роста устойчивого развития, так и повышения инновационной активности ее представителей. Однако если интенсификация инновационных процессов характерна лишь для обрабатывающей отрасли, то в отношении устойчивого развития наблюдается дисбаланс, выражающийся в превалировании «социальных» и «экологических» практик, что в целом отрицательно влияет на общую картину развития отрасли, испытывающую негативное влияние со стороны геополитических и экономических факторов. Другими словами, стремление государства поддержать инновационное развитие промышленных предприятий, прежде всего в контексте реализации стратегии независимости и лидерства, не позволяет эффективно нивелировать неблагоприятное влияние внешних и внутренних факторов, определяющих также и возникновение различных спилловер-эффектов.

По мнению автора данной статьи, для улучшения сложившейся картины и динамики экономической ситуации в промышленной отрасли необходимо обратить внимание на обеспечение сбалансированности практик устойчивого развития, что позволит эффективно решать существующие проблемы (например, получать «зеленые» кредиты и поддержку на основе реализации «управленческой» компоненты), а также создавать благоприятные условия для интенсификации инновационных процессов для представителей не только обрабатывающего сектора, но и других не менее важных отраслей промышленности.

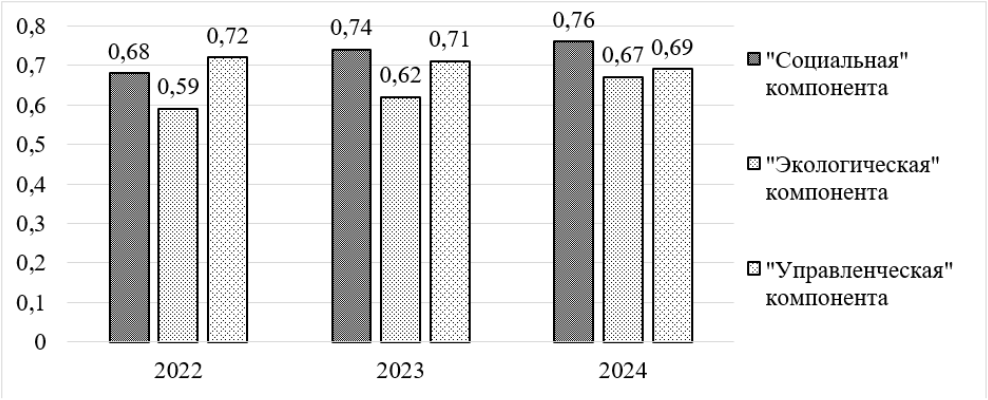



Рис. 5. Динамика основных составляющих ESG-оценки промышленных предприятий России за 2022–2024 гг. (по данным[7])

Fig. 5. Dynamics of the main components of ESG assessment of Russian industrial enterprises for the period 2022–2024 (according to[8])

[6] Российский союз промышленников и предпринимателей (2025) Индекс деловой среды РСПП – итоги 2025 года. [online] Available at: https://rspp.ru/activity/analytics/indeks-delovoy-sredy-rspp-itogi-2025-goda/ [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[7] Национальное рейтинговое агентство (2025) *ESG-рэнкинг компаний промышленного сектора: фокус на экономику замкнутого цикла*. [online] Available at: https://www.ra-national.ru/wp-content/uploads/2025/12/rjenking_esg_promyshlennogo_sektora_2025_f.pdf [Accessed 17.09.2026]. (in Russian)

[8] Там же.

В данном контексте целесообразно обратиться к вопросам, лежащим в основе формирования эффективного управления взаимодействием инновационного и устойчивого развития промышленных предприятий, которое позволит увеличить положительную динамику каждого из указанных направлений, способствующую улучшению и экономической ситуации в отрасли. При этом в качестве такого взаимодействия рассматривается повышение эффективности управления инновационными процессами, лежащее в основе интенсификации и гармонизации устойчивого развития.

К настоящему времени уже существует ряд исследований, обосновывающих положительное влияние результатов инновационной деятельности на устойчивое развитие промышленных предприятий. Так, в работе [59] на основе анализа и систематизации успешных практик реализации инновационных и экологических стратегий на российских и международных предприятиях показано, что разработка и реализация инноваций способствуют их успешной ESG-трансформации. В исследовании [54] представлена практика предприятия, внедрение инноваций в производственные процессы которого также обеспечила его устойчивую трансформацию. Другим примером, обосновывающим достижение «зеленого» роста, является изучение эмпирических данных различных стран о реализации экологических инноваций и внедрения возобновляемых источников энергии [55]. Положительное влияние технологических инноваций на процессы устойчивого развития эмпирически доказано в работе [56].

Для определения направлений развития управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий необходимо обратиться к результатам проведенного исследования по методологии PRISMA.

Так, анализ выбранных работ позволил получить результаты, представленные ниже (табл. 1).

Таким образом, как показало качественное исследование выбранных работ, в настоящее время имеет место достаточно фрагментарное исследование вопросов управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий, что отражается или в разработке положений относительно только инновационных процессов без аспекта «устойчивости», или в рассмотрении какой-либо составляющей управления и т.д. Одновременно наблюдается устойчивая тенденция увеличения исследовательского интереса к вопросу применения цифровых технологий. Так, если за 2016–2017 гг. наблюдалось незначительное количество работ на тему цифровизации, то начиная с 2021 г. имел место существенный рост числа публикаций на данную тему.

Как указывается специалистами, в настоящее время важнейшим принципом управления процессами устойчивого развития является так называемый принцип антиципированности, согласно которому на первый план выходят стратегическое предвидение и регулярное планирование тенденций развития [65]. Другими словами, в настоящее время на первый план выходит способность предиктивного управления на перспективу, основанного на выявлении воздействующих факторов и возникающих угроз, складывающихся тенденций на рынке, что позволяет быстро реагировать и формировать соответствующие сценарии развития, разрабатывать конкретные действия, принимать более качественные управленческие решения. Очевидно, что основой реализации такого предиктивного управления являются цифровые технологии. Как указывается, «цифровые технологии открывают новые возможности для обмена информацией и создания ценности» [66].

Тенденция активного проникновения цифровых технологий во все сферы человеческой деятельности является неотъемлемой составляющей современности. Можно сказать, что сегодня цифровые технологии уже прочно утвердились, в том числе благодаря реализации концепции Индустрии 4.0 и, как указывается, «готовящегося перехода к Индустрии 5.0», что связывается с обеспечением стабильного тренда высокоэффективности промышленного производства [67].

**Таблица 1. Сводная таблица исследования**
**Table 1. Summary table of the study**

| № п/п | Наименование работы | Автор(ы), год | Характеристика |
|---|---|---|---|
| 1 | Влияние цифровых технологий на управление устойчивым развитием организаций [60] | Шевченко О.П., Косников М.С., 2025 | Рассматривается интеграция цифровых технологий для управления устойчивым развитием, доказано повышение эффективности на основе эмпирических данных |
| 2 | Управление инновационным развитием промышленного предприятия: проблема устойчивости [61] | Лайпанов А.И., Лавренко А.В., 2020 | Развивается понятие устойчивого инновационного развития промышленного предприятия |
| 3 | Совершенствование управления инновационными бизнес-процессами промышленных предприятий [62] | Тюкавкин Н.М., 2025 | Предлагается модель совершенствования инновационных бизнес-процессов промышленного предприятия |
| 4 | Механизм управления инновационной деятельностью промышленного предприятия в условиях цифровой экономики [63] | Фокин В.А., 2026 | Предлагается механизм управления инновационной деятельностью промышленного предприятия на основе оценки цифровой зрелости промышленного предприятия, предлагаются цифровые инструменты, в том числе технологии Индустрии 5.0 |
| 5 | Разработка моделей управления инновационными процессами на основе синергии традиционных и цифровых технологий [64] | Синтяев С.А., Нестеренко Ю.Н., 2024 | Рассмотрены теоретические положения развития управления инновациями на основе цифровых технологий |
| 6 | Цифровые технологии как инструмент управления инновационным развитием промышленных предприятий в российской экономике в условиях глобальной нестабильности [48] | Зоидов К.Х., Башук О.Н., 2025 | Рассмотрены цифровые технологии, используемые для управления инновационным развитием предприятий промышленности |
| 7 | Теоретико-методологические основания управления интеллектуальной и инновационной трансформацией отраслей промышленности в условиях экономики данных и Индустрии 5.0 [39] | Шкарупета Е.В., Касимцев С.В., Кирдяпкин Р.В., Коломацкий Ю.С., 2026 | Представлены теоретико-методологические положения управления интеллектуальной и инновационной трансформацией отраслей промышленности в условиях экономики данных и Индустрии 5.0 |

Источник: составлено автором на основе результатов исследования по методологии PRISMA

Исследователями отмечаются существенные положительные результаты от применения цифровых технологий, что выражается в сокращении затрат, повышении эффективности процессов и производительности, увеличении капитализации и ряде других эффектов [68–70].

При этом, как демонстрируют тенденции в мировой и отечественной экономике, сегодня возрастающее значение в контексте цифровизации промышленных предприятий приобретают технологии Индустрии 5.0, в отличие от предыдущей концепции, основанной на синергетическом взаимодействии человека и технологий. При технологиях Индустрии 5.0 ведущая роль принадлежит именно человеку (человекоцентричность), что особенно важно, к примеру, при принятии управленческих решений. Так, согласно результатам глобального исследования компании «ПрайсуотерхаусКуперс» (PricewaterhouseCoopers, PwC), основанного на результатах опроса более 2000 представителей топ-менеджмента производственных предприятий 30 стран по всему миру, к 2030 г. промышленность планирует удвоить инвестиции для внедрения цифровых технологий[9]. При этом главной тенденцией цифровизации промышленных предприятий является ориентация именно на технологии Индустрии 5.0, включающие коллаборативных роботов (коботов), системы компьютерного зрения, основанные на глубоком обучении, технологии искусственного интеллекта (ИИ) не только для целей производства (автоматическая генерация управляющих программ для станков с ЧПУ на основе 3D-модели детали, генеративный дизайн, автоматическая оптимизация производственных расписаний), но и для автоматизации планирования, цепочек поставок и принятия управленческих решений.

В России уже также запущены процессы внедрения технологий Индустрии 5.0 в процессы промышленных предприятий. Так, эксперты отмечают, что наряду с продвинутыми технологиями ИИ на предприятиях используют цифровые двойники, различные мобильные приложения и специализированные цифровые платформы, объединяющие усилия участников [71]. При этом, конечно же, сегодня преимущественным применением характеризуется именно ИИ, технологии которого не только используются в процессах производства, что обеспечивает интенсификацию инновационных процессов [72], но уже активно применяются в процессах принятия управленческих решений [73]. В настоящее время технологии ИИ рассматриваются в качестве ключевого направления устойчивого развития промышленного сектора России [43].

Можно сказать, что внедрение технологий Индустрии 5.0 является не просто веянием моды, а объективной необходимостью, обеспечивающей решение актуальных задач, стоящих перед приятиями промышленности. Так, на Петербургском международном экономическом форуме – 2026 отмечалось, что «искусственный интеллект и автоматизация становятся главными инструментами трансформации промышленности, сокращая циклы разработки и повышая производительность»[10], а в качестве одного из основных выводов сформулирован тезис о том, что «к 2030 году все, что создается человеком без помощи ИИ, рискует стать неконкурентоспособным»[11], – демонстрирующий актуальность взаимодействия человека и технологий, «заложенного» в технологиях Индустрии 5.0.

Соответственно, отталкиваясь от полученных результатов проведенного анализа теоретических положений, а также присущих технологиями Индустрии 5.0 преимуществ, предоставляемых для управления инновационными процессами, в контексте ESG-трансформации промышленных предприятий можно предложить развитие существующей теоретической базы за счет включения аспекта цифровизации таким образом, чтобы реализовывался единый контур управления, основанный на применении технологий Индустрии 5.0 на каждом из этапов разработки и реализации инноваций, с учетом принципов ESG. При этом сами принципы Индустрии 5.0,

[9] Aravana (2026) P*wC: производители удвоят инвестиции в автоматизацию к 2030 году*. [online] Available at: https://www.aravana.ai/insights/pwc-manufacturers-doubling-automation-2030 [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[10] EcoStandard.journal (2026) *Будущее повестки устойчивого развития. Репортаж с ПМЭФ-2026*. [online] Available at: https://journal.ecostandard.ru/reports/esg/budushchee-povestki-ustoychivogo-razvitiya-reportazh-s-nbsp-pmef-2026/ [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[11] Там же.

заключающиеся в человекоцентричности, устойчивости и жизнестойкости, по своему содержанию повторяют логику ESG-триады.

На основе анализа существующих возможностей технологий Индустрии 5.0 систематизируются их возможности для целей управления инновационными процессами в аспекте устойчивого развития (табл. 2).

**Таблица 2. Возможности технологий Индустрии 5.0 для управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий**
**Table 2. Opportunities of Industry 5.0 technologies for managing innovative processes in the sustainable development of industrial enterprises**

| Технологии Индустрии 5.0 | Предоставляемые возможности для эффективного управления инновационными процессами | Влияние на реализацию ESG-принципов |
|---|---|---|
| Технологии ИИ и машинное обучение | Поддержание процессов принятия управленческих решений; обработка данных; моделирование и формирование сценариев развития; прогнозирование поломок, оптимизация загрузки производственных мощностей, выявление дефектов; формирование индивидуальных треков обучения; подбор и управление персоналом | **E**: экономия материалов и энергии<br>**S**: поддержка решений; формирование и развитие необходимых компетенций<br>**G**: прозрачность и обоснованность управленческих решений; формирование необходимой отчетности; обеспечение «прозрачности» управления |
| Технологии блокчейн | Защита данных; «прозрачность» процессов и цепочек взаимодействий и поставок; реализация смарт-контрактов | **E**: верифицируемый «устойчивый» сорсинг<br>**S**: контроль данных; защита от фальсификаций; прозрачность карьерных треков<br>**G**: достоверная ESG-отчетность; снижение риска фальсификации данных |
| Цифровые двойники | Виртуальное моделирование и тестирование нововведений до внедрения в «реальность»; обучение персонала, в том числе «опасным» видам деятельности; оптимизация эргономики | **E**: оптимизация ресурсов<br>**S**: оптимизация трудозатрат; развитие персонала<br>**G**: оптимизация процессов управления |
| Коботы | Снижение нагрузки с работников; защита от опасных видов деятельности | **E**: оптимизация/снижение энергопотребления<br>**S**: улучшение условий труда; освобождение времени на «креативность» и творческую работу; снижение травматизма; обеспечение занятости для «незащищенных» слоев населения |
| Промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) | Непрерывный сбор данных в реальном времени для предиктивной аналитики и принятия управленческих решений; удаленный мониторинг и контроль качества | **E**: мониторинг выбросов и утечек (например, метана) в реальном времени; экономия ресурсов;<br>**S**: контроль безопасных условий труда и состояния работников<br>**G**: формирование «реальной» и актуальной базы данных |
| Аддитивное производство и 3D-печать | Оптимизация ресурсопотребления | E: сокращение отходов, увеличение жизненного цикла изделий<br>G: повышение качества |

**Окончание Таблицы 2**

| Технологии Индустрии 5.0 | Предоставляемые возможности для эффективного управления инновационными процессами | Влияние на реализацию ESG-принципов |
|---|---|---|
| Дополненная и виртуальная реальность (Augmented Reality / Virtual Reality, AR/VR), носимые устройства (например, «умные» очки, смарт-часы), экзоскелеты | Повышение эффективности обучения персонала; реализация производственной безопасности (в том числе за счет выполнения задач технологиями); поддержка решений; поддержание здоровья работников | **E**: оптимизация ресурсопотребления<br>**S**: ускоренное обучение; снижение травматизма и нагрузки; повышение безопасности, обеспечение инклюзии рабочих мест<br>**G**: сокращение затрат; повышение качества; снижение ошибок |
| Технологии кибербезопасности и реализация «нулевого доверия» | Защита информационных и промышленных систем | **G**: киберустойчивость и защита данных как элемент ответственного управления и непрерывности бизнеса |

Источник: составлено автором

Конечно, рассмотрены не все технологии Индустрии 5.0, а лишь наиболее «популярные» из них. При этом, как видно, использование технологий Индустрии 5.0 предоставляет весьма широкий спектр возможностей для эффективного управления и реализации ESG-принципов.

Для того чтобы определить, каким же образом технологии Индустрии 5.0 позволят эффективно управлять инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий, предлагаются направления их использования (табл. 3).

При этом важно отметить, что технологии не рассматриваются как замена человека. Наоборот, применение технологий Индустрии 5.0 позволяет усилить возможности человека, помогает ему раскрыться, проявить свои лучшие качества, не только беря на себя «рутинизацию» операций, но и предоставляя базу необходимых данных в требуемом формате для принятия эффективных управленческих решений, дополнительные устройства и инструменты, с помощью которых человек выполняет свои функции более результативно. Технологии Индустрии 5.0 ускоряют процессы управления инновационной деятельностью промышленного предприятия (в том числе за счет более быстрого генерирования идей и их последующего прототипирования, формирования необходимой информации и т.д.), делают их прозрачными на каждом этапе, повышают ресурсоэффективность разработки и действенность коммерциализации – за счет как автоматизации процессов, так и предоставления необходимой аналитики. При этом как отбор инновационных проектов, так и процессы их реализации в предлагаемом варианте осуществляются через призму принципов устойчивости, что будет обеспечивать интенсификацию как инновационных, так и «устойчивых» процессов.

**Заключение**

Таким образом, в ходе проведенного исследования были получены следующие результаты, а именно:

1) определены превалирующие в настоящее время подходы и взгляды исследователей в фокусе вопроса управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий, что позволило обосновать и сформулировать направления развития существующих положений на основе интеграции цифровых технологий в систему управления;

2) идентифицированы возможности технологий Индустрии 5.0 для целей эффективного управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий, что расширяет спектр применения цифровых технологий для целей формирования эффективной системы управления инновационной деятельностью с акцентом на ESG-трансформацию;

3) сформулированы направления развития управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий на основе применения технологий Индустрии 5.0,

**Таблица 3. Направления применения технологий индустрии 5.0 для целей управления инновационными процессами устойчивого развития промышленных предприятий**
**Table 3. Directions for applying Industry 5.0 technologies to manage the innovative processes of sustainable development of industrial enterprises**

| Этап инновационного процесса | Реализуемые функции управления | Применяемые технологии Индустрии 5.0 | Влияние на реализацию принципов ESG |
|---|---|---|---|
| 1. Генерация и отбор идей | Планирование (постановка целей), мотивация, координация | ИИ и машинное обучение (анализ существующих трендов на рынке, патентный анализ, анализ больших данных, оценка на соответствие ESG-принципам); цифровые платформы для обеспечения взаимодействия; AR/VR, цифровые двойники для визуализации концепций | **E**: обеспечение отбора «ресурсоэффективных» проектов<br>**S**: вовлечение сотрудников в инновационные процессы, инклюзия; формирование пула необходимых компетенций<br>**G**: прозрачный и обоснованный отбор идей, снижение субъективизма |
| 2. НИОКР и проектирование | Планирование, организация, контроль | Цифровые двойники, вычислительное моделирование; ИИ-оптимизация; «умные» материалы | **E**: экономия материалов и энергии, снижение отходов<br>**S**: «раскрытие» творческих и инженерных возможностей сотрудников |
| 3. Прототипирование и тестирование | Организация, контроль, координация | Аддитивные технологии (3D-печать), цифровые двойники, AR/VR, коботы в опытном производстве | **E**: снижение расходов материалов и процента брака<br>**S**: безопасность испытаний |
| 4. Производство и масштабирование | Организация, контроль, мотивация, координация | Коботы, IIoT, ИИ-предиктивная аналитика, экзоскелеты и носимые устройства, «нулевое доверие» для киберзащиты | **E**: оптимизация ресурсов и энергии, мониторинг выбросов<br>**S**: качество и безопасность труда, инклюзия<br>**G**: киберустойчивость производственных систем |
| 5. Коммерциализация и вывод на рынок | Планирование, организация, мотивация | Блокчейн, IIoT, ИИ-аналитика спроса, цифровые платформы | **E**: верифицируемый устойчивый сорсинг<br>**G**: достоверная ESG-отчетность, «прозрачные» цепочки взаимодействий |
| 6. Диффузия, сопровождение и развитие | Контроль, координация, мотивация, планирование | IIoT и цифровые двойники, ИИ-прогнозирование, AR/VR для обучения и поддержки | **E**: продление жизненного цикла продукта, сервисная модель и циркулярность<br>**S**: переобучение персонала, доступность технологии<br>**G**: рентабельная деятельность |

что обеспечивает интеграцию человекоцентричных и когнитивных технологий Индустрии 5.0 в инновационные процессы для реализации принципов устойчивого развития и позволяет разрабатывать эффективные траектории развития промышленных предприятий в сложившихся условиях.

Таким образом, полученные результаты будут способствовать не только ускоренной ESG-трансформации предприятий, но и активизации их инновационной деятельности, а возникающий синергетический эффект может придать дополнительный импульс к достижению технологического суверенитета и лидерства нашей страны в целом.

***Направления дальнейших исследований***

Полученные в рамках представленной работы результаты определяют перспективность продолжения инициированного исследования по ряду направлений, среди которых, по мнению автора, наиболее актуальными являются:

1. Разработка критериев отбора технологий Индустрия 5.0 для внедрения в процессы управления инновационными проектами промышленных предприятий. Данное направление предусматривает разработку методического инструментария, системы критериев и процедур оценки, которые позволят осуществлять эффективный выбор из существующего многообразия технологий Индустрии 5.0 именно те, которые будут способствовать решению задач в контексте управления инновационными проектами с акцентом на устойчивое развитие.

2. Разработка алгоритма внедрения технологий Индустрия 5.0 в систему управления инновационными процессами промышленных предприятий для обеспечения их устойчивого развития, представляющего собой конкретный план действий по осуществлению цифровой трансформации контура управления процессами разработки и реализации инноваций на основе реализации принципов человекоцентричности и устойчивости.

3. Идентификация рисков, сопровождающих процессы цифровой трансформации процессов управления инновационными проектами промышленных предприятий. Наряду с преимуществами, обусловленными внедрением цифровых технологий, использование цифровых технологий Индустрии 5.0 провоцирует ряд существенных рисков, выраженных в возможной алгоритмической предвзятости, в вытеснении рабочей силы, в снижении конфиденциальности и кибербезопасности, в потере автономии человека, а также в возникновении экологических издержек, нивелирующих требования устойчивого развития. Количественная и качественная оценка таких рисков позволит разрабатывать соответствующую систему управления рисками, обеспечивающую снижение их негативного влияния не только на инновационные процессы предприятия, но и на успешность устойчивой трансформации в целом.

4. Изучение успешных практик внедрения технологий Индустрия 5.0 в систему управления инновационными процессами промышленных предприятий в контексте устойчивого развития. Это позволит сформировать их базу данных для последующего масштабирования в отрасли, что, учитывая существующий синергетический эффект, будет способствовать ускорению темпов инновационного, устойчивого и цифрового развития.

По мнению автора, реализация указанных направлений исследований будет способствовать развитию теории и практики управления инновационными процессами предприятий промышленности для целей устойчивого развития, что, в свою очередь, может оказать положительное влияние и на достижение целей технологического суверенитета и лидерства России.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Яркова Т.М. (2025) Обзор инновационного развития промышленности в России. *Вопросы инновационной экономики*, 15 (2), 489–504. DOI: 10.18334/vinec.15.2.122914

2. Щеглов В.Ю. (2023) Промышленные предприятия как объект реализации концепции устойчивого развития. *Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий*, 12 (2), 113–118. DOI: 10.24412/2225-8264-2023-2-113-118

3. Казиева Ж.Н., Гаджиев Ш.М. (2023) Инновационная деятельность предприятия как фактор устойчивого развития. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 13 (5–1), 664–670. DOI: 10.34670/AR.2023.61.36.040

4. Тельнова Н.В., Орел Ю.В., Грачева Д.О. (2023) Роль инноваций в устойчивом развитии экономики. *Russian Journal of Management*, 11 (4), 501–510. DOI: 10.29039/2409-6024-2023-11-4-501-510

5. Zhang Z., Zhu H., Zhou Z., Zou K. (2022) How does innovation matter for sustainable performance? Evidence from small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, 153, 251–265. DOI: 10.1016/j.jbusres.2022.08.034

6. Stawicka E. (2023) The Impact of Innovation on the Sustainable Development of Enterprises. *Folia Oeconomica Stetinensia*, 23 (2), 370–386. DOI: 10.2478/foli-2023-0036

7. Brundtland G., Khalid M. (1987) *Our Common Future*, Oxford: Oxford University Press.

8. Красникова А.В., Свиридова С.В., Головков Н.А. (2026) Сущность и содержание устойчивого сбалансированного развития промышленного предприятия. *Естественно-гуманитарные исследования*, 3 (65), 257–263.

9. Гришаков К.Р. (2013) Понятие устойчивого развития промышленного предприятия. *Sci-Article.ru*, 1, 79–82.

10. Шилова А.М. (2014) Концептуализация понятия «устойчивое развитие промышленного предприятия». *Master's Journal*, 2, 287–296.

11. Azimova F.P., Yuldasheva M.M. (2025) Evaluating the Efficiency of Industrial Enterprises in the Context of Sustainable Industry Development. In: *Technological Horizons of Decarbonization Based on Environmental Innovations* (ed. E.G. Popkova), Cham: Springer, 231–234. DOI: 10.1007/978-3-031-82210-0_38

12. Nikolova-Alexieva V., Valeva K., Gigova T. (2025) Eco-innovation activity of industrial enterprises in Bulgaria. *AIP Conference Proceedings*, 3274 (1), art. no. 080013. DOI: 10.1063/5.0259609

13. Shi R., Gao P., Su X., Zhang X., Yang X. (2024) Synergizing natural resources and sustainable development: A study of industrial structure, and green innovation in Chinese region. *Resources Policy*, 88, art. no. 104451. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.104451

14. Shah N., Bhatti M.K., Ummi N.S., Abdelwahed N.A.A., Soomro B.A. (2024) The achievement of sustainable development and business success through rational management decision-making in a circular economy. *International Journal of Innovation Science*, 16 (5), 956–980. DOI: 10.1108/IJIS-02-2023-0043

15. Mahajan R., Kumar S., Lim W.M., Sareen M. (2024) The role of business and management in driving the sustainable development goals (SDGs): Current insights and future directions from a systematic review. *Business Strategy and the Environment*, 33 (5), 4493–4529. DOI: 10.1002/bse.3712

16. Richnák P., Fidlerová H. (2022) Impact and Potential of Sustainable Development Goals in Dimension of the Technological Revolution Industry 4.0 within the Analysis of Industrial Enterprises. *Energies*, 15 (10), art. no. 3697. DOI: 10.3390/en15103697

17. Земзюлина В.Ю., Кельчевская Н.Р., Черненко И.М. (2023) Влияние устойчивого развития и надежности на результативность работы российских предприятий в контексте фрагментированной экономики. *Journal of Applied Economic Research*, 22 (4), 1056–1086. DOI: 10.15826/vestnik.2023.22.4.041

18. Шипилова Т.А. (2024) Формирование стратегии устойчивого развития промышленных предприятий. *Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова*, 21 (1 (133)), 203–212. DOI: 10.21686/2413-2829-2024-1-203-212

19. Имамвердиева М.И. (2021) Система факторов формирования устойчивого развития промышленных предприятий. *Креативная экономика*, 15 (8) 3283–3294. DOI: 10.18334/ce.15.8.113143

20. Потанин В.В. (2023) Механизм устойчивого развития экосистемы промышленного предприятия как элемент обеспечения технологического суверенитета. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*, 17 (4), 143–151. DOI: 10.14529/em230413

21. Гамидуллаева Л.А., Шуструйский А.В. (2024) Стратегирование устойчивого развития промышленных предприятий для обеспечения технологического суверенитета в топливно-энергетическом комплексе. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, 2 (50), 35–49. DOI: 10.21685/2227-8486-2024-2-3

22. Пилипчук Н.В., Бутова Л.М., Губернаторова Н.Н., Шапошникова И.В. (2026) Технологическое лидерство и ценности устойчивого развития. *Вестник Сургутского государственного университета*, 14 (1), 26–41. DOI: 10.35266/2949-3455-2026-1-14

23. Гараев О.Р. (2024) Институты устойчивого развития промышленных предприятий российских регионов: механизмы и инструменты. *Среднерусский вестник общественных наук*, 19 (6), 130–148. DOI: 10.22394/2071-2367-2024-19-6-130-148

24. Александров А.В., Ходос Д.В. (2023) Управление устойчивым развитием промышленных предприятий в России. *Глобальный научный потенциал*, 11 (152), 392–397.

25. Тадеев Р.А. (2025) Устойчивое управление предприятием в условиях неопределенности и риска. *Актуальные исследования*, 4–2 (239), 30–34.

26. Uralovich K.S., Toshmamatovich T.U., Kubayevich K.F., Sapaev I.B., Saylaubaevna S.S., Beknazarova Z.F., Khurramov A. (2023) A primary factor in sustainable development and environmental sustainability is environmental education. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21 (4), 965–975. DOI: 10.22124/CJES.2023.7155

27. Dai Q., He J., Guo Zh., Zheng Y., Zhang Y. (2025) Green finance for sustainable development: analyzing the effects of green credit on high-polluting firms' environmental performance. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12 (1), art. no. 854. DOI: 10.1057/s41599-025-05218-8

28. Alemede V.O. (2025) Innovative process technologies: Advancing efficiency and sustainability through optimization and control. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 6 (2), 1941–1955.

29. Ahmad N., Youjin L., Žiković S., Belyaeva Zh. (2023) The effects of technological innovation on sustainable development and environmental degradation: Evidence from China. *Technology in Society*, 72, art. no. 102184. DOI: 10.1016/j.techsoc.2022.102184

30. Su Y., Wu J. (2024) Digital transformation and enterprise sustainable development. *Finance Research Letters*, 60, art. no. 104902. DOI: 10.1016/j.frl.2023.104902

31. Zeqiri A., Ben Youssef A., Maherzi Zahar T. (2025) The Role of Digital Tourism Platforms in Advancing Sustainable Development Goals in the Industry 4.0 Era. *Sustainability*, 17 (8), art. no. 3482. DOI: 10.3390/su17083482

32. Sui X., Jiao Sh., Wang Y., Wang H. (2024) Digital transformation and manufacturing company competitiveness. *Finance Research Letters*, 59, art. no. 104683. DOI: 10.1016/j.frl.2023.104683

33. Дроздов М.И. (2025) Экологизация крупных промышленных предприятий: достижения и новые вызовы. *Журнал монетарной экономики и менеджмента*, 3, 211–221. DOI: 10.26118/2782-4586.2025.49.65.034

34. Шадиметов Ю.Ш., Алметов Н.Ш., Айрапетов Д.А. (2025) Роль экологических инноваций в формировании устойчивой экономики. *Экономика и бизнес: теория и практика*, 2–1 (120), 176–180. DOI: 10.24412/2411-0450-2025-2-1-176-180

35. Сивкова А.И., Подшивалова М.В. (2023) Специфика «зеленых» инноваций и их реализации в промышленности. *Экономика и управление*, 29 (3), 270–279. DOI: 10.35854/1998-1627-2023-3-270-279

36. Зотов М.А. (2023) Компоненты и типология устойчивых инноваций. *Вопросы инновационной экономики*, 13 (4), 2397–2410. DOI: 10.18334/vinec.13.4.120065

37. Трошин А.С., Орлова В.А. (2025) Выбор стратегии развития устойчивых инноваций. *Вестник Академии знаний*, 1 (66), 514–517.

38. Синкевич В.А. (2025) Роль цифровизации в стимулировании инновационной деятельности на предприятии. *Инновационная наука*, 2 (5–1), 86–88.

39. Шкарупета Е.В., Касимцев С.В., Кирдяпкин Р.В., Коломацкий Ю.С. (2026) Теоретико-методологические основания управления интеллектуальной и инновационной трансформацией отраслей промышленности в условиях экономики данных и Индустрии 5.0. *Естественно-гуманитарные исследования*, 1 (63), 544–548.

40. Sobotová R., Pollák F. (2026) Digitalization accelerators for sustainable transformation in a developing European economy. *Discover Sustainability*, in press. DOI: 10.1007/s43621-026-04561-3

41. Mietule I., Arbidane I., Maksymova I., Kulishov V., Amantova-Salmane L. (2025). Strategic Role of Sustainable Digitalization in Driving the Green Transition. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 8 (2), 817–836. DOI: 10.33002/nr2581.6853.080238

42. Камилова В.Д., Мирзакаримов О.Ш., Камилов А.Д. (2026) Проблемы развития современного механизма инновационного менеджмента в повышении управляемости производства Республики Узбекистан. *Modern Scientific Research International Scientific Journal*, 4 (1), 119–146.

43. Жданова Н.Г., Садыкина Р.А. (2025) Практические аспекты технологий устойчивого развития промышленных предприятий. *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*, 1 (51), 130–138. DOI: 10.57070/2304-4497-2025-1(51)-130-138

44. Комаров Н.М., Пащенко Д.С. (2025) Элементы развития теории управления цифровой трансформацией высокотехнологичных промышленных предприятий. *Вестник Евразийской науки*, 17 (4), ст. № 72ECVN425.

45. Иванова О.Е., Абрашкин М.С., Польская С.И. (2026) Управление затратами как драйвер устойчивого развития промышленных предприятий. *Экономические и социальные проблемы России*, 2 (66), 156–170. DOI: 10.31249/espr/2026.02.09

46. Курган Е.Г., Лепа Р.Н. (2022) Формирование стратегии устойчивого развития промышленных предприятий. *Вести Автомобильно-дорожного института*, 3 (42), 58–67.

47. Трошин А.С., Дадалова М.В., Малкин К.Ю. (2026) Стратегическое планирование устойчивого развития промышленного предприятия. *Вестник Академии знаний*, 2 (73), 513–516.

48. Зоидов К.Х., Башук О.Н. (2025) Цифровые технологии как инструмент управления инновационным развитием промышленных предприятий в российской экономике в условиях глобальной нестабильности. *Проблемы рыночной экономики*, 3, 84–96. DOI: 10.33051/2500-2325-2025-3-84-96

49. Минаков А.В. (2024) Устойчивое развитие и технологическое лидерство промышленных предприятий в цифровой экономике. В книге: *Развитие российской социально-экономической системы: вызовы и перспективы* (под ред. Э.В. Фомина), Чебоксары: Среда, 107–120. DOI: 10.31483/r-110207

50. Мызников И.А. (2025) Инновационные стратегии промышленных предприятий в эпоху Индустрии 5.0. *Прогрессивная экономика*, 10, 95–112. DOI: 10.54861/27131211_2025_10_95

51. Астафьева О.Е. (2021) Устойчивое развитие промышленных предприятий на основе новой формы организации экономической деятельности. *Вестник университета*, 10, 109–113. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-10-109-113

52. Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. (2026) Интеллектуальная управленческая среда как фактор производительности промышленного предприятия. *Управленец*, 17 (4), 2–24. DOI: 10.29141/2218-5003-2026-17-4-1

53. Гатаулин А.А., Малыхина И.О. (2026) Анализ инструментария цифровой трансформации инновационной системы региона. *Beneficium*, 1 (58), 110–120. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2026.1(58).110-120

54. Singh R., Joshi A., Dissanayake H., Nainanayake D., Kumar V. (2025) Harnessing Artificial Intelligence and Human Resource Management for Circular Economy and Sustainability: A Conceptual Integration. *Sustainability*, 17 (15), art. no. 7054. DOI: 10.3390/su17157054

55. Saqib N., Usman M., Ozturk I., Sharif A. (2024) Harnessing the synergistic impacts of environmental innovations, financial development, green growth, and ecological footprint through the lens of SDGs policies for countries exhibiting high ecological footprints. *Energy Policy*, 184, art. no. 113863. DOI: 10.1016/j.enpol.2023.113863

56. Su L. (2022) The Impact of Coordinated Development of Ecological Environment and Technological Innovation on Green Economy: Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (12), art. no. 6994. DOI: 10.3390/ijerph19126994

57. Yu P., Zhao X., Yang J. (2026) From trade-offs to strategic synergy: How digitalization–greenization synergy drives innovation efficiency in manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 37 (4), 837–860. DOI: 10.1108/JMTM-07-2025-0715

58. Егоренко С.Н. (2025) *Промышленное производство в России*, стат. сб., М.: Росстат.

59. Аксинин В.И., Родионова К.А. (2025) Инновационный и экологический потенциалы производственного предприятия как факторы устойчивого развития. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 16 (4), 62–69. DOI: 10.18287/2542-0461-2025-16-4-62-69

60. Шевченко О.П., Косников М.С. (2025) Влияние цифровых технологий на управление устойчивым развитием организаций. *Журнал прикладных исследований*, 9, 12–18. DOI: 10.47576/2949-1878.2025.9.9.001

61. Лайпанов А.И., Лавренко А.В. (2020) Управление инновационным развитием промышленного предприятия: проблема устойчивости. *Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права*, 6 (85), 171–180. DOI: 10.21295/2223-5639-2020-6-171-180

62. Тюкавкин Н.М. (2025) Совершенствование управления инновационными бизнес-процессами промышленных предприятий. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*, 4 (80), 46–51. DOI: 10.52452/18115942_2025_4_46

63. Фокин В.А. (2026) Механизм управления инновационной деятельностью промышленного предприятия в условиях цифровой экономики. *Вестник экономики, права и социологии*, 2, 133–138. DOI: 10.24412/1998-5533-2026-2-133-138

64. Синтяев С.А., Нестеренко Ю.Н. (2024) Разработка моделей управления инновационными процессами на основе синергии традиционных и цифровых технологий. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 14 (6А), 406–414. DOI: 10.34670/AR.2024.80.62.042

65. Показий А.В. (2025) Базовые основы и принципы устойчивого развития промышленной организации. *Журнал прикладных исследований*, 8, 111–116. DOI: 10.47576/2949-1878.2025.8.8.014

66. Измайлова М.А., Абрашкин М.С., Иванова О.Е., Калмыков К.А. и др. (2024) *Инновационное развитие промышленных предприятий в современных условиях* (под науч. ред. М.Я. Веселовского, Н.С. Хорошавиной), монография, М.: Мир науки. DOI: 10.15862/13MNNPM24

67. Ласкова Д.С. (2024) Оценка уровня устойчивого развития промышленности регионов индикаторами бизнес-статистики. *Цифровая экономика и инновации*, 4, 29–40. DOI: 10.18323/3034-2074-2024 4-59-3

68. Яценя С.Е. (2023) Формирование устойчивого развития предприятий с использованием инновационных цифровых инструментов для обеспечения конкурентоспособности. *Проблемы экономики и юридической практик*, 19 (4), 239–247.

69. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М. (2023) Индустрия 5.0 и интеллектуальная экономика: основы нейро-цифровой трансформации киберсоциальных метаэкосистем высокотехнологичных промышленных комплексов. *π-Economy*, 16 (5), 8–21. DOI: 10.18721/JE.16501

70. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клачек П.М. (2021) Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие. *Экономика промышленности*, 14 (4), 375–395. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395

71. Фролов А. (2024) *7 трендов цифровой трансформации промышленности*. [online] Available at: https://trends.rbc.ru/trends/industry/65f198a69a7947157487b66c [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

72. Али А., Здольникова С. В. (2026) Оценка внедрения технологий искусственного интеллекта на промышленном предприятии в условиях Индустрии 5.0 (на примере компаний Пакистана). *π-Economy*, 19 (4), 45–65. DOI: 10.18721/JE.19403

73. Kiseleva O., Firsova A., Vavilina A. (2025) Integration of Artificial Intelligence Technologies into Design-Thinking Processes in the Development of Managerial Decisions as a Factor of Enterprise Sustainable Development. *Sustainability*, 17 (10), art. no. 4705. DOI: 10.3390/su17104705

## REFERENCES

1. Yarkova T.M. (2025) Overview of the innovative development of the industry in Russia. *Russian Journal of Innovation Economics*, 15 (2), 489–504. DOI: 10.18334/vinec.15.2.122914

2. Shcheglov V.Yu. (2023) Industrial enterprises as an object of implementation of the concept of sustainable development. *Herald of Siberian Institute of Business and Information Technologies*, 12 (2), 113–118. DOI: 10.24412/2225-8264-2023-2-113-118

3. Kazieva Zh.N., Gadzhiev Sh.M. (2023) Innovative activities of an enterprise as a factor of sustainable development. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 13 (5A), 664–670. DOI: 10.34670/AR.2023.61.36.040

4. Tel'nova N.V., Orel Y.V., Gracheva D.O. (2023) The role of innovations in sustainable economic development. *Russian Journal of Management*, 4, 501–510. DOI: 10.29039/2409-6024-2023-11-4-501-510

5. Zhang Z., Zhu H., Zhou Z., Zou K. (2022) How does innovation matter for sustainable performance? Evidence from small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, 153, 251–265. DOI: 10.1016/j.jbusres.2022.08.034

6. Stawicka E. (2023) The Impact of Innovation on the Sustainable Development of Enterprises. *Folia Oeconomica Stetinensia*, 23 (2), 370–386. DOI: 10.2478/foli-2023-0036

7. Brundtland G., Khalid M. (1987) *Our Common Future*, Oxford: Oxford University Press.

8. Krasnikova A.V., Sviridova S.V., Golovkov N.A. (2026) The essence and content of sustainable balanced industrial enterprise development. *Natural-Humanitarian Studies*, 3 (65), 257–263.

9. Grishakov K.R. (2013) Poniatie ustoichivogo razvitiia promyshlennogo predpriiatiia [The concept of sustainable development for an industrial enterprise]. *Sci-Article.ru*, 1, 79–82.

10. Shilova A.M. (2014) Conceptualization of term "Sustainable development of manufacturing company". *Master's Journal*, 2, 287–296.

11. Azimova F.P., Yuldasheva M.M. (2025) Evaluating the Efficiency of Industrial Enterprises in the Context of Sustainable Industry Development. In: *Technological Horizons of Decarbonization Based on Environmental Innovations* (ed. E.G. Popkova), Cham: Springer, 231–234. DOI: 10.1007/978-3-031-82210-0_38

12. Nikolova-Alexieva V., Valeva K., Gigova T. (2025) Eco-innovation activity of industrial enterprises in Bulgaria. *AIP Conference Proceedings*, 3274 (1), art. no. 080013. DOI: 10.1063/5.0259609

13. Shi R., Gao P., Su X., Zhang X., Yang X. (2024) Synergizing natural resources and sustainable development: A study of industrial structure, and green innovation in Chinese region. *Resources Policy*, 88, art. no. 104451. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.104451

14. Shah N., Bhatti M.K., Ummi N.S., Abdelwahed N.A.A., Soomro B.A. (2024) The achievement of sustainable development and business success through rational management decision-making in a circular economy. *International Journal of Innovation Science*, 16 (5), 956–980. DOI: 10.1108/IJIS-02-2023-0043

15. Mahajan R., Kumar S., Lim W.M., Sareen M. (2024) The role of business and management in driving the sustainable development goals (SDGs): Current insights and future directions from a systematic review. *Business Strategy and the Environment*, 33 (5), 4493–4529. DOI: 10.1002/bse.3712

16. Richnák P., Fidlerová H. (2022) Impact and Potential of Sustainable Development Goals in Dimension of the Technological Revolution Industry 4.0 within the Analysis of Industrial Enterprises. *Energies*, 15 (10), art. no. 3697. DOI: 10.3390/en15103697

17. Zemzyulina V.Yu., Kelchevskaya N.R., Chernenko I.M. (2023) The Impact of Sustainable Development and Reliability on the Performance of Russian Enterprises in the Context of an Economic Fragmentation. *Journal of Applied Economic Research*, 22 (4), 1056–1086. DOI: 10.15826/vestnik.2023.22.4.041

18. Shipilova T.A. (2024) Elaborating Strategies of Sustainable Development at Industrial Enterprises. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 1, 203–212. DOI: 10.21686/2413-2829-2024-1-203-212

19. Imamverdieva M.I. (2021) The system of factors affecting the sustainable development of industrial enterprises. *Creative Economy*, 15 (8), 3283–3294. DOI: 10.18334/ce.15.8.113143

20. Potanin V. (2023) The sustainable development of a metallurgical enterprise as an element of technological sovereignty. *Bulletin of the South Ural State University. Series "Economics and Management"*, 17 (4), 143–151. DOI: 10.14529/em230413

21. Gamidullaeva L.A., Shustruyskiy A.V. (2024) Strategizing the sustainable development of industrial enterprises to ensure technological sovereignty of the fuel and energy complex. *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*, 2, 35–49. DOI: 10.21685/2227-8486-2024-2-3

22. Pilipchuk N.V., Butova L.M., Gubernatorova N.N., Shaposhnikova I.V. (2026) Technological leadership and sustainable development values. *Surgut State University Journal*, 14 (1), 26–41. DOI: 10.35266/2949-3455-2026-1-14

23. Garaev O.R. (2024) Institutions for sustainable development of industrial enterprises in Russian regions: mechanisms and instruments. *Central Russian Journal of Social Sciences*, 19 (6), 130–148. DOI: 10.22394/2071-2367-2024-19-6-130-148

24. Aleksandrov A.V., Khodos D.V. (2023) Promising ways to ensure sustainable development of the Russian industry. *Global Scientific Potential,* 11 (152), 392–397.

25. Tadeev R.A. (2025) Sustainable enterprise management under conditions of uncertainty and risk. *Aktual'nye issledovaniia* [*Current research*], 4–2 (239), 30–34.

26. Uralovich K.S., Toshmamatovich T.U., Kubayevich K.F., Sapaev I.B., Saylaubaevna S.S., Beknazarova Z.F., Khurramov A. (2023) A primary factor in sustainable development and environmental sustainability is environmental education. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21 (4), 965–975. DOI: 10.22124/CJES.2023.7155

27. Dai Q., He J., Guo Zh., Zheng Y., Zhang Y. (2025) Green finance for sustainable development: analyzing the effects of green credit on high-polluting firms' environmental performance. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12 (1), art. no. 854. DOI: 10.1057/s41599-025-05218-8

28. Alemede V.O. (2025) Innovative process technologies: Advancing efficiency and sustainability through optimization and control. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 6 (2), 1941–1955.

29. Ahmad N., Youjin L., Žiković S., Belyaeva Zh. (2023) The effects of technological innovation on sustainable development and environmental degradation: Evidence from China. *Technology in Society*, 72, art. no. 102184. DOI: 10.1016/j.techsoc.2022.102184

30. Su Y., Wu J. (2024) Digital transformation and enterprise sustainable development. *Finance Research Letters*, 60, art. no. 104902. DOI: 10.1016/j.frl.2023.104902

31. Zeqiri A., Ben Youssef A., Maherzi Zahar T. (2025) The Role of Digital Tourism Platforms in Advancing Sustainable Development Goals in the Industry 4.0 Era. *Sustainability*, 17 (8), art. no. 3482. DOI: 10.3390/su17083482

32. Sui X., Jiao Sh., Wang Y., Wang H. (2024) Digital transformation and manufacturing company competitiveness. *Finance Research Letters*, 59, art. no. 104683. DOI: 10.1016/j.frl.2023.104683

33. Drozdov M.I. (2025) Greening of large industrial enterprises: achievements and new challenges. *Journal of Monetary Economics and Management*, 3, 211–221. DOI: 10.26118/2782-4586.2025.49.65.034

34. Shadimetov Y.Sh., Almetov N.Sh., Airapetov D.A. (2025) The role of ecological innovations in shaping a sustainable economy. *Economy and Business: Theory and Practice*, 2–1 (120), 176–180. DOI: 10.24412/2411-0450-2025-2-1-176-180

35. Sivkova A.I., Podshivalova M.V. (2023) Specific aspects of green innovation and its industrial implementation. *Economics and Management*, 29 (3), 270–279. DOI: 10.35854/1998-1627-2023-3-270-279

36. Zotov M.A. (2023) Components and typology of sustainable innovation. *Russian Journal of Innovation Economics*, 13 (4), 2397–2410. DOI: 10.18334/vinec.13.4.120065

37. Troshin A.S., Orlova V.A. (2025) Choosing a strategy for developing sustainable innovations. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 1 (66), 514–517.

38. Sinkevich V.A. (2025) Rol' tsifrovizatsii v stimulirovanii innovatsionnoi deiatel'nosti na predpriiatii [The role of digitalization in stimulating innovation within an enterprise]. *Innovatsionnaia nauka* [*Innovative Science*], 2 (5–1), 86–88.

39. Shkarupeta E.V., Kasimtsyev S.V., Kirdyapkin R.V., Kolomatsky Yu.S. (2026) Theoretical and methodological bases of intellectual management and innovative transformation of industrial sectors in the context of the data economy and Industry 5.0. *Natural-Humanitarian Studies*, 1 (63), 544–548.

40. Sobotová R., Pollák F. (2026) Digitalization accelerators for sustainable transformation in a developing European economy. *Discover Sustainability*, in press. DOI: 10.1007/s43621-026-04561-3

41. Mietule I., Arbidane I., Maksymova I., Kulishov V., Amantova-Salmane L. (2025) Strategic Role of Sustainable Digitalization in Driving the Green Transition. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 8 (2), 817–836. DOI: 10.33002/nr2581.6853.080238

42. Kamilova V.D., Mirzakarimov O.Sh., Kamilov A.D. (2026) Problemy razvitiia sovremennogo mekhanizma innovatsionnogo menedzhmenta v povyshenii upravliaemosti proizvodstva Respubliki Uzbekistan [Issues in the Development of a Modern Innovation Management Mechanism for Enhancing Production Manageability in the Republic of Uzbekistan]. *Modern Scientific Research International Scientific Journal*, 4 (1), 119–146.

43. Zhdanova N., Sadykina R. (2025) Practical aspects of sustainable industrial development technologies. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*, 1 (51), 130–138. DOI: 10.57070/2304-4497-2025-1(51)-130-138

44. Komarov N.M., Pashchenko D.S. (2025) Development of the theory of management of digital transformation of high-tech industrial enterprises. *The Eurasian Scientific Journal*, 17 (4), art. no. 72ECVN425.

45. Ivanova O., Abrashkin M., Polskaya S. (2026) Cost management as a driver of sustainable development of industrial enterprises. *Economic and Social Problems of Russia*, 2 (66), 156–170. DOI: 10.31249/espr/2026.02.09

46. Kurgan E.G., Lepa R.N. (2022) Formation of the Sustainable Development Strategy of Industrial Enterprises. *Bulletin of the Automobile and Highway Institute*, 3 (42), 58–67.

47. Troshin A.S., Dadalova M.V., Malkin K.Yu. (2026) Strategizing sustainable development of an industrial enterprise. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 2 (73), 513–516.

48. Zoidov K.Kh., Bashuk O.N. (2025) Digital technologies as a tool for managing the innovative development of industrial enterprises in the Russian economy in the context of global instability. *Market Economy Problems*, 3, 84–96. DOI: 10.33051/2500-2325-2025-3-84-96

49. Minakov A.V. (2024) Sustainable development and technological leadership of industrial enterprises in the digital economy. In: *Development of the Russian socio-economic system: challenges and prospects* (ed. E.V. Fomin), Cheboksary: Sreda Publishing House, 107–120. DOI: 10.31483/r-110207

50. Myznikov I.A. (2025) Innovative strategies of industrial enterprises in the era of industry 5.0. *Progressive Economy*, 10, 95–112. DOI: 10.54861/27131211_2025_10_95

51. Astafyeva O.E. (2021) Sustainable development of industrial enterprises in the basis of a new form of economic activity organisation. *Vestnik Universiteta*, 10, 109–113. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-10-109-113

52. Babkin A.V., Shkarupeta E.V. (2026) Intelligent management environment as a driver of industrial enterprise productivity. *The Manager*, 17 (4), 2–24. DOI: 10.29141/2218-5003-2026-17-4-1

53. Gataulin A.A., Malykhina I.O. (2026) Analysis of Digital Transformation Tools for Regional Innovation Systems. *BENEFICIUM*, 1 (58), 110–120. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2026.1(58).110-120

54. Singh R., Joshi A., Dissanayake H., Nainanayake D., Kumar V. (2025) Harnessing Artificial Intelligence and Human Resource Management for Circular Economy and Sustainability: A Conceptual Integration. *Sustainability*, 17 (15), art. no. 7054. DOI: 10.3390/su17157054

55. Saqib N., Usman M., Ozturk I., Sharif A. (2024) Harnessing the synergistic impacts of environmental innovations, financial development, green growth, and ecological footprint through the lens of SDGs policies for countries exhibiting high ecological footprints. *Energy Policy*, 184, art. no. 113863. DOI: 10.1016/j.enpol.2023.113863

56. Su L. (2022) The Impact of Coordinated Development of Ecological Environment and Technological Innovation on Green Economy: Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (12), art. no. 6994. DOI: 10.3390/ijerph19126994

57. Yu P., Zhao X., Yang J. (2026) From trade-offs to strategic synergy: How digitalization–greenization synergy drives innovation efficiency in manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 37 (4), 837–860. DOI: 10.1108/JMTM-07-2025-0715

58. Egorenko S.N. (2025) *Promyshlennoe proizvodstvo v Rossii* [*Industrial Production in Russi*a], (statistical compilation), Moscow: Rosstat.

59. Aksinin V.I., Rodionova K.A. (2025) Innovative and environmental potential of a manufacturing enterprise as factors of sustainable development. Vestnik Samarskogo Universiteta. *Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 16 (4), 62–69. DOI: 10.18287/2542-0461-2025-16-4-62-69

60. Shevchenko O.P., Kosnikov M.S. (2025) The impact of digital technologies on the management of sustainable development of organizations. *Journal of Applied Research*, 9, 12–18. DOI: 10.47576/2949-1878.2025.9.9.001

61. Laipanov A.I., Lavrenko A.V. (2020) Industrial Enterprise Innovative Development Management: The Problem of Sustainability. *Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*, 6 (85), 171–180. DOI: 10.21295/2223-5639-2020-6-171-180

62. Tyukavkin N.M. (2025) Improvement of innovative business process management in industrial enterprises. *Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series: Social Sciences*, 4 (80), 46–51. DOI: 10.52452/18115942_2025_4_46

63. Fokin V.A. (2026) Management Mechanism for an Industrial Enterprise's Innovation Activities in the Digital Economy. *The Review of Economy, the Law and Sociology*, 2, 133–138. DOI: 10.24412/1998-5533-2026-2-133-138

64. Sintyaev S.A., Nesterenko Yu.N. (2024) Development of models for managing innovation processes based on the synergy of traditional and digital technologies. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 14 (6A), 406–414. DOI: 10.34670/AR.2024.80.62.042

65. Pokazi A.V. (2025) Fundamental Principles and Foundations of Sustainable Development in Industrial Organizations. *Journal of Applied Research*, 8, 111–116. DOI: 10.47576/2949-1878.2025.8.8.014

66. Izmailova M.A., Abrashkin M.S., Ivanova O.E., Kalmykov K.A. et al. (2024) *Innovatsionnoe razvitie promyshlennykh predpriiatii v sovremennykh usloviiakh* [*Innovative development of industrial enterprises in the current environment*] (eds. M.Ia. Veselovskii, N.S. Khoroshavina), monograph, Moscow: Mir nauki. DOI: 10.15862/13MNNPM24

67. Laskova D.S. (2024) Assessment of the level of sustainable development of regional industry using business sta-tistics indicators. *Digital Economy & Innovations*, 4, 29–40. DOI: 10.18323/3034-2074-2024-4-59-3

68. Yatsenya S.E. (2023) Forming Sustainable Development of Enterprises Using Innovative Digital Tools to Ensure Competitiveness. *Economic Problems and Legal Practice*, 19 (4), 239–247.

69. Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M. (2023) Industry 5.0 and intelligent economy: fundamentals of neuro-digital transformation of cyber social meta-ecosystems of high-tech industrial complexes. *π-Economy*, 16 (5), 8–21. DOI: 10.18721/JE.16501

70. Babkin A.V., Fedorov A.A., Liberman I.V., Klachek P.M. (2021) Industry 5.0: concept, formation and development. *Russian Journal of Industrial Economics*, 14 (4), 375–395. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395

71. Frolov A. (2024) *7 trendov tsifrovoi transformatsii promyshlennosti* [*7 Trends in the Digital Transformation of Industry*]. [online] Available at: https://trends.rbc.ru/trends/industry/65f198a69a7947157487b66c [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

72. Ali A., Zdolnikova S.V. (2026) Assessment of the implementation of artificial intelligence technologies at an industrial enterprise in the context of Industry 5.0 (the case of Pakistani companies). *π-Economy*, 19 (4), 45–65. DOI: 10.18721/JE.19403

73. Kiseleva O., Firsova A., Vavilina A. (2025) Integration of Artificial Intelligence Technologies into Design-Thinking Processes in the Development of Managerial Decisions as a Factor of Enterprise Sustainable Development. *Sustainability*, 17 (10), art. no. 4705. DOI: 10.3390/su17104705

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

**КИСЕЛЕВА Оксана Николаевна**
E-mail: o.kirichenko@rambler.ru
**Olga N. KISELEVA**
E-mail: o.kirichenko@rambler.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2741-2753

*Поступила: 06.09.2026; Одобрена: 09.10.2026; Принята: 09.10.2026.*
*Submitted: 06.09.2026; Approved: 09.10.2026; Accepted: 09.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 53–63.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 53–63.

Научная статья
УДК 332
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19503
EDN: https://elibrary/CABFPR

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СТЕКОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

**А.С. Писарев[1] ✉ , Т.О. Толстых[2]**

[1] Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация;

[2] Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Российская Федерация

✉ andrej.pisarev.2019@mail.ru

**Аннотация.** Стекольная отрасль России после 2022 г. столкнулась с серьезными вызовами: прежняя экспортоориентированная модель развития оказалась невозможной, а предприятия с иностранным участием сменили собственников. В этих условиях возрастает потребность в комплексной оценке устойчивого развития отрасли, учитывающей как экономические, так и экологические и социальные аспекты. Вместе с тем анализ научной литературы показал, что в настоящее время не существует комплексной методики построения интегрального показателя устойчивого развития для предприятия стекольной отрасли, сочетающей универсальные требования оценки развития с отраслевыми особенностями. Целью исследования является разработка системы показателей оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России, обеспечивающей интеграцию универсальных требований российских национальных стандартов (ПНСТ 926-2024 и стандарта общественного капитала бизнеса) с отраслевыми индикаторами углеродоемкости, циркулярности и соответствия технологическим показателям наилучших доступных технологий. Методологическую основу исследования составили общенаучные методы системного и сравнительного анализа, контент-анализ нормативных документов, бенчмаркинг корпоративной отчетности и эконометрическое моделирование производственной функции Кобба–Дугласа на панельных данных 11 предприятий – производителей листового стекла за 2019–2024 гг. с использованием метода фиксированных эффектов. В результате получена производственная функция, подтвердившая высокую капиталоемкость отрасли и отсутствие значимых различий в совокупной факторной производительности между предприятиями. На основе проведенного анализа предложена система показателей оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России, включающая семь индикаторов, сгруппированных в четыре блока: экономический, экологический, социальный и управленческий. Отличительной особенностью системы является включение отраслевых индикаторов, отражающих специфику стекловарения: доли стеклобоя в сырьевой смеси и энергоемкости стекловаренной печи. Практическая значимость разработанной системы связана с возможностью ее использования для мониторинга достижения целей устойчивого развития на корпоративном уровне, бенчмаркинга предприятий отрасли и подготовки ESG-отчетности в соответствии с требованиями национальных стандартов. Определение весовых коэффициентов, построение и верификация интегрального показателя, а также апробация системы на расширенной выборке предприятий вынесены в отдельные исследования.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, стекольная отрасль, система показателей, интегральный показатель, ESG-индикаторы, производственная функция Кобба–Дугласа, наилучшие доступные технологии, углеродоемкость, циркулярная экономика, индикативное планирование

**Для цитирования:** Писарев А.С., Толстых Т.О. (2026) Разработка системы показателей оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России. π-Economy, 19 (5), 53–63. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19503

© Писарев А.С., Толстых Т.О., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19503

# DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF INDICATORS FOR ASSESSING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF GLASS INDUSTRY ENTERPRISES IN THE RUSSIAN FEDERATION

**A.S. Pisarev[1] ✉ , T.O. Tolstykh[2]**

[1] Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation;
[2] National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russian Federation

✉ andrej.pisarev.2019@mail.ru

**Abstract.** The Russian glass industry after 2022 faced serious challenges: the previous export-oriented development model became impossible, and enterprises with foreign participation changed owners. Under these conditions, the need for a comprehensive assessment of the industry's sustainable development, taking into account economic, environmental, and social aspects, increases. However, an analysis of scientific literature has shown that currently there is no comprehensive methodology for constructing an integral indicator of sustainable development for a glass industry enterprise that combines universal development assessment requirements with industry-specific characteristics. The aim of the study is to develop a system of indicators for assessing the sustainable development of glass industry enterprises in the Russian Federation, ensuring the integration of universal requirements of Russian national standards (PNST 926-2024 and the Standard of Public Capital of Business) with industry indicators of carbon intensity, circularity, and compliance with technological indicators of best available technology. The methodological basis of the study comprises general scientific methods of system and comparative analysis, content analysis of regulatory documents, benchmarking of corporate reporting, and econometric modeling of the Cobb–Douglas production function on panel data of 11 flat glass manufacturers for 2019–2024 using the fixed effects method. As a result, a production function was obtained, confirming the high capital intensity of the industry and the absence of significant differences in total factor productivity among enterprises. Based on the analysis, a system of indicators for assessing the sustainable development of glass industry enterprises in the Russian Federation is proposed, including 7 indicators grouped into four blocks: economic, environmental, social, and managerial. A distinctive feature of the system is the inclusion of industry indicators reflecting the specifics of glass melting: the share of cullet in the raw material mixture and the energy intensity of the glass melting furnace. The practical significance of the developed system is related to its potential use for monitoring the achievement of sustainable development goals at the corporate level, benchmarking enterprises in the industry, and preparing ESG reports in accordance with the requirements of national standards. The determination of weight coefficients, the construction and verification of the integral indicator, as well as the approbation of the system on an expanded sample of enterprises are relegated to separate studies.

**Keywords:** sustainable development, glass industry, system of indicators, integral indicator, ESG indicators, Cobb–Douglas production function, best available techniques, carbon intensity, circular economy, indicative planning

**Citation:** Pisarev A.S., Tolstykh T.O. (2026) Development of a system of indicators for assessing sustainable development of glass industry enterprises in the Russian Federation. π-Economy, 19 (5), 53–63. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19503

## Введение

### *Актуальность исследования*

Развитие стекольной промышленности в России в 2000–2010 гг. представляло собой показательный пример роста отрасли с опорой на экспортоориентированную модель развития за счет привлечения средств иностранного капитала. В начале 2020-х гг. отрасль столкнулась с серьезными вызовами – прежняя ориентация на экспорт оказалась невозможной из-за воздействия внешних факторов, а предприятия с иностранным участием сменили собственников.

© Pisarev A.S., Tolstykh T.O., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University




Источник: разработано авторами.

Рис. 1. Анализ отраслевой конкуренции в стекольной отрасли России

Fig. 1. Analysis of industry competition in the Russian glass industry

Ранее авторами уже был проведен анализ текущего состояния стекольной промышленности на примере предприятий-производителей листового стекла – отраслевой рынок после 2022 г. был охарактеризован как олигополистический [1] (рис. 1).

Проблема комплексной оценки развития стекольной отрасли в научных публикациях на настоящий момент мало представлена. Оценка состояния отрасли обычно представлена в виде кратких аналитических статей с информацией о фактических и прогнозируемых показателях выпуска продукции [2], также похожие исследования существуют на региональном уровне по отдельным предприятиям отрасли [3].

Ключевой идеей настоящего исследования выступает попытка предложить обоснованную систему экономических и экологических показателей, позволяющую осуществлять индикативное планирование и прогнозирование как на уровне отдельного предприятия, так и на уровне межкорпоративного регулирования и самоорганизации. Объект исследования был преднамеренно ограничен совокупностью предприятий – производителей листового стекла в России.

***Литературный обзор***

Концептуальной базой для оценки устойчивого развития предприятий служит трехфакторная модель, предполагающая баланс экономической эффективности, социальной ответственности и экологической безопасности [4]. В российской научной литературе устойчивость промышленного предприятия рассматривается одновременно и как устойчивое функционирование, и как устойчивое развитие. А.А. Урасова и С.С. Федосеева [5] подчеркивают необходимость сравнительной оценки ключевых показателей устойчивого развития ведущих промышленных

предприятий с позиции экологической нагрузки на окружающую среду. Ж.А. Мингалева, Е.С. Лобова и Б.В. Дозморов [6] предприняли попытку оценить влияние ключевых ESG-показателей на устойчивое развитие предприятия, используя методы корреляционно-регрессионного анализа.

В зарубежной литературе теоретическая база развивается в направлении интеграции целей устойчивого развития ООН в производственные системы. Исследование [7] представляет обзор индикаторов, релевантных для измерения устойчивости производственных компаний. В целом наблюдается тенденция перехода от фрагментированных подходов к подходам интегрированным, иерархическим и системно-ориентированным.

Анализ литературы позволяет выделить два магистральных подхода в методологии построения систем показателей устойчивого развития. Первый подход связан с построением системы частных показателей, отражающих отдельные аспекты устойчивости. В российских исследованиях [8] предлагаются системы, включающие индекс производительности труда, индекс эмиссии $CO_2$, индекс энергоемкости, коэффициент стабильности кадров, показатели безопасных условий труда. Характеристика экологической устойчивости дается по четырем коэффициентам: ресурсосберегающих технологий, загрязнения окружающей среды, природоохранных мероприятий, природоемкости [9].

Второй подход предполагает построение обобщенного (интегрального) индикатора. В российской литературе методика интегральной оценки основана на использовании метода среднего и включает локальные оценки трех составляющих устойчивости [5]. Отмечается, что практически для всех методик характерно движение в расчетах к интегральному показателю как итоговой оценке устойчивого развития организации [10].

В зарубежной практике интегральный подход развивается через методологию «Социальный возврат на инвестиции» (Social Return on Investment, SROI). Интерес вызывает исследование итальянских авторов [11], в котором методология SROI применяется для оценки потенциального развития итальянской стекольной промышленности на период 2022–2050 гг. Результаты показывают положительный коэффициент SROI, равный 2,53, при этом социальные факторы воздействия составляют 44,2% от общей создаваемой ценности, экономические факторы – 39,5%, экологические факторы – 16,3%. Обзор [12] агрегирует индикаторы устойчивости на уровне фирмы в три группы: индикаторы уровня продукта; индикаторы управления ресурсами и загрязнением; индикаторы инвестиций, инноваций и приверженности. Систематический обзор ESG-индикаторов [13] выделяет категории эмиссий, использования ресурсов, инноваций, рабочей силы, ответственности за продукт и взаимодействия с сообществами.

Также стоит осветить экологическую составляющую производства листового стекла. Углеродный след производства одной тонны стекломассы зависит от доли стеклобоя и энергоэффективности печи[1]. Упомянутое ранее исследование [3] впервые выполнило расчеты прямых и косвенных выбросов парниковых газов при производстве тарного стекла на примере ООО «Сибстекло» и оценило возможность их снижения при внедрении наилучших доступных технологий (НДТ).

В России разработаны национальные стандарты, устанавливающие технологические показатели НДТ производства стекла: ГОСТ Р 113.05.02-2024[2] и ГОСТ Р 113.05.03-2024[3]. Предварительный национальный стандарт ПНСТ 926-2024[4] устанавливает рекомендации к составу показателей

[1] ИТС 5–2022 (2022) *Производство стекла*, М.: Бюро НДТ. [online] Available at: https://rst.gov.ru:8443/file-service/file/load/167161695-6989?ysclid=mvsgds689z423887072 [Accessed 28.09.2026]. (in Russian)

[2] Российский институт стандартизации (2024) *ГОСТ Р 113.05.02-2024: Наилучшие доступные технологии. Системы автоматического контроля и учета выбросов загрязняющих веществ при производстве листового и тарного стекла. Основные требования*. [online] Available at: https://www.standards.ru/document/7528079.aspx [Accessed 28.09.2026]. (in Russian)

[3] Российский институт стандартизации (2024) *ГОСТ Р 113.05.03-2024: Наилучшие доступные технологии. Методические рекомендации по проведению бенчмаркинга удельных выбросов парниковых газов для отрасли по производству стекла*. [online] Available at: https://files.stroyinf.ru/Data/840/84015.pdf [Accessed 28.09.2026] (in Russian)

[4] Росстандарт (2024) *ПНСТ 926-2024: Устойчивое развитие организаций. Показатели. Общие положения*. [online] Available at: https://protect.gost.ru/gost/details/e5155bd2-ccf8-49d9-9618-dfd034e2e942 [Accessed 28.09.2026]. (in Russian)

устойчивого развития. В 2026 г. утвержден стандарт общественного капитала бизнеса (СОКБ)[5], вводящий единый набор показателей. Индекс Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) использует 48 показателей (93 индикатора)[6].

Анализ литературы позволил отразить ключевую проблему исследования – в настоящий момент не существует комплексной методики построения интегрального показателя устойчивого развития для предприятия стекольной отрасли, сочетающей универсальные требования оценки развития с отраслевыми особенностями. Существующие научные работы либо носят общетеоретический характер [1, 6], либо рассматривают отдельные аспекты функционирования стекольного предприятия [3].

Существующие методологические подходы к оценке устойчивого развития промышленных предприятий не учитывают отраслевую специфику стекольного производства и не обеспечивают сопоставимость результатов с требованиями российских национальных стандартов, что делает невозможным формирование адекватной системы показателей для предприятий стекольной отрасли России.

**Цель исследования** – разработка системы показателей оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России, обеспечивающей интеграцию универсальных требований российских национальных стандартов (ПНСТ 926-2024 и СОКБ) с отраслевыми индикаторами углеродоемкости, циркулярности и соответствия технологическим показателям НДТ.

Для достижения поставленной цели выделены следующие **исследовательские задачи**:

– систематизировать теоретические и методологические подходы к оценке устойчивого развития промышленных предприятий и выявить степень их применимости к стекольной отрасли;

– обосновать состав и структуру отраслевых показателей устойчивого развития, отражающих специфику стекловарения, включая удельные выбросы $CO_2$ на тонну стекломассы, долю стеклобоя в сырьевой смеси, энергоемкость стекловаренной печи и эффективность систем улавливания загрязняющих веществ;

– разработать методику построения интегрального показателя устойчивого развития стекольного предприятия, сочетающую универсальные требования национальных стандартов с отраслевыми метриками;

– выполнить верификацию предложенной системы показателей на данных российских предприятий стекольной отрасли;

– сформулировать практические рекомендации по внедрению разработанной системы показателей в систему управления устойчивым развитием стекольных предприятий.

Основным результатом настоящего этапа исследования, представленного в работе, является разработанная система показателей оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России.

**Материалы и методы**

Исследование построено на сочетании общенаучных и специальных методов экономического анализа и представляет собой дескриптивно-конструктивное исследование, направленное на разработку и верификацию системы показателей устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России.

Методологическую основу исследования составили общенаучные методы системного и сравнительного анализа и синтеза, абстрагирования и обобщения. В процессе обоснования состава и структуры отраслевых показателей развития применялись методы контент-анализа и бенчмаркинга.

[5] Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (2025) *О стандарте общественного капитала бизнеса: постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2025 № 2230*. [online] Available at: https://docs.cntd.ru/document/1315964409 [Accessed 28.09.2026]. (in Russian)

[6] РСПП (2025) *Методика составления индексов РСПП по устойчивому развитию* (*ESG-индексов*). [online] Available at: https://rspp.ru/upload/content/3f8/sl9657fpri2jstu28h18j4g1eo07dkxp/Методика_2025.pdf [Accessed 28.09.2026]. (in Russian)

Для обоснования состава экономического блока показателей устойчивого развития использовано эконометрическое моделирование производственной функции Кобба–Дугласа вида:

$$Y = a_0 * K^{a1} * L^{a2},$$
$$\ln(Y) = \ln(a_0) + a_1 \ln(K) + a_2 \ln(L) -$$

логарифмированное уравнение для приведения к регрессионной модели, где в качестве зависимой переменной $Y$ (выпуск продукции) были взяты данные о выручке предприятий за 2019–2024 гг. (приведенные к ценам 2019 г.), в качестве переменной $K$ (капитал) – данные об объемах основных средств предприятий за 2019–2024 гг. (приведенные к ценам 2019 г.), в качестве переменной $L$ (труд) – данные о среднесписочной численности работников предприятий за 2019–2024 гг.

Задача эконометрического анализа состояла в оценке зависимости производительности труда от прочих факторов (объема капиталовложений в основные средства и численности персонала). В качестве константы был установлен средний уровень совокупной факторной производительности (Total Factor Productivity, TFP). Предполагается, что это – уровень технологического развития компании.

Для эконометрического анализа данных был использован метод фиксированных эффектов с кластеризированными стандартными ошибками – расчеты производились при помощи эконометрической программы Gretl.

**Результаты и обсуждение**

В результате для стекольной отрасли была получена производственная функция вида:

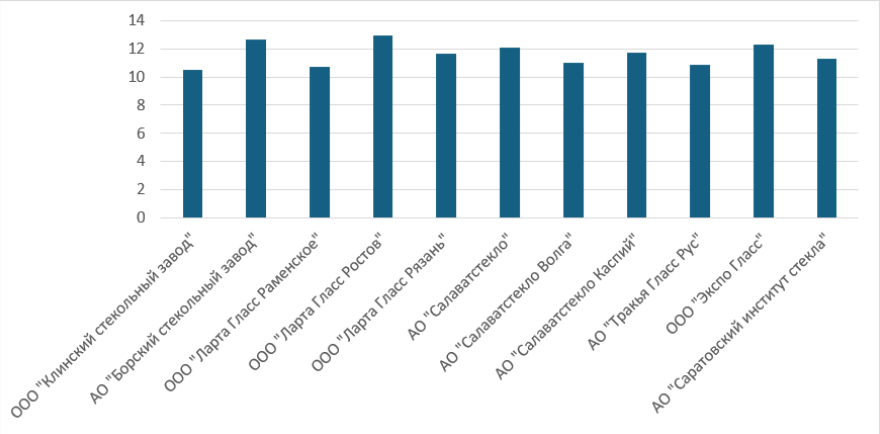
$$Y = 10,3 * K^{0,0807} * L^{0,193}.$$

Модель демонстрирует высокое качество – 61,9% изменений производительности труда внутри компаний (от года к году) объясняется рассмотренной моделью ($R^2$ = 0,619), вероятность получить подобные различия случайно (вне рамок созданной модели) равна 0,01% ($p$-значение для L_kap_voor = 0,0000617), $t$-статистика = 6,59, $F$-тест (Joint test) = 43,41 с $p$-значение = $= 6,17 \times 10^{-5}$.

По результатам моделирования сделаны выводы о высокой капиталоемкости отрасли (найм новых сотрудников не является определяющим условием для роста выручки предприятий отрасли, в отличие от роста основных средств), а также о примерно одинаковом уровне технологического развития предприятий отрасли ($p$-значение > 0,05). Основным способом увеличения производительности труда в отрасли, таким образом, выступает рост инвестиций в основные средства предприятий.

Вывод об отсутствии значимых различий в совокупной факторной производительности между предприятиями отрасли ($p$-значение > 0,05) имеет важное методологическое значение для разрабатываемой системы показателей. Он означает, что при построении интегрального показателя устойчивого развития не требуется вводить корректировку на технологический разрыв между предприятиями – все они находятся примерно на одном технологическом уровне, что упрощает процедуру нормализации и повышает сопоставимость результатов.

На основе проведенного анализа нормативной базы, корпоративной отчетности и научной литературы авторы предлагают систему показателей оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России, включающую семь индикаторов, сгруппированных в четыре блока: экономический, экологический, социальный и управленческий (табл. 1).




Источник: составлено авторами по результатам эконометрического моделирования.

Рис. 2. Средние TFP по предприятиям стекольной отрасли России

Fig. 2. Average TFP for enterprises in the Russian glass industry

**Таблица 1. Предлагаемая система показателей оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли России**

**Table 1. Proposed system of indicators for assessing the sustainable development of enterprises in the Russian glass industry**

| Блок | Показатель | Источник данных | Обоснование включения |
|---|---|---|---|
| Экономический | Капиталоемкость (основные средства / выручка) | Бухгалтерская отчетность | Высокая капиталоемкость отрасли подтверждена эконометрически |
| Экономический | TFP | Расчет по модели Кобба–Дугласа | Отсутствие значимых различий TFP между предприятиями отрасли установлено эконометрически; используется как индикатор технологического развития |
| Экологический | Доля стеклобоя в сырьевой смеси | Производственный учет предприятия | ГОСТ Р 113.05.03-2024 |
| Экологический | Энергоемкость стекловаренной печи | Производственный учет предприятия | ГОСТ Р 113.05.03-2024 |
| Социальный | Коэффициент стабильности кадров | Кадровый учет | Российские исследования [4]; ПНСТ 926-2024 (социальные показатели) |
| Управленческий | Наличие комплексного экологического разрешения | Регуляторный учет | ГОСТ Р 113.05.02-2024 |
| Управленческий | Внедрение систем автоматического контроля выбросов | Регуляторный учет | ГОСТ Р 113.05.02-2024 |

Отличительной особенностью предложенной системы является включение отраслевых индикаторов, отражающих специфику стекловарения: доли стеклобоя в сырьевой смеси, энергоемкости стекловаренной печи.

Как видно из табл. 1, экономический блок опирается на результаты эконометрического анализа производственной функции стекольной отрасли, выполненного на панельных данных 11 предприятий по производству листового стекла за 2019–2024 гг.

Экологический блок сформирован на основе национальных стандартов. Основным документом здесь выступает ГОСТ Р 113.05.03-2024.

Социальный блок выстроен с учетом результатов SROI-исследования итальянской стекольной отрасли [11], согласно которому социальные воздействия формируют 44,2% общей создаваемой ценности, прежде всего за счет создания рабочих мест. Это означает, что социальная составляющая устойчивого развития стекольного предприятия не уступает по значимости экономическому и экологическому блокам, что и обусловило включение в систему показателя стабильности кадров как наиболее доступного для расчета на предприятии.

Управленческий блок в предложенной системе показателей призван отражать российскую регуляторную специфику. Показатели наличия комплексного экологического разрешения и внедрения систем автоматического контроля выбросов не имеют прямых аналогов в зарубежных стандартах, однако являются критически важными для российских стекольных предприятий.

Представленная система показателей решает часть выявленной научной проблемы, а именно: обеспечивает интеграцию универсальных требований российских национальных стандартов (ПНСТ 926-2024 и СОКБ) с отраслевыми индикаторами, отражающими специфику стекловарения. В отличие от универсальных стандартов, разработанная система включает показатели доли стеклобоя в сырьевой смеси, энергоемкости стекловаренной печи и эффективности систем улавливания загрязняющих веществ – параметры, критические для стекольной отрасли и закрепленные в ГОСТ Р 113.05.02-2024 и ГОСТ Р 113.05.03-2024.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что разработанная система представляет собой первый этап исследования, связанный с обоснованием состава и структуры показателей. Дальнейшая работа предполагает решение самостоятельных научных задач, выходящих за рамки настоящей статьи.

**Заключение**

В исследовании получены следующие результаты:

1. Систематизированы теоретические и методологические подходы к оценке устойчивого развития промышленных предприятий. Установлено, что в научной литературе сформировались два магистральных подхода – построение системы частных показателей и построение интегрального индикатора, – однако ни один из них не учитывает отраслевую специфику стекольного производства. Новизна результата состоит в доказательстве необходимости разработки отраслевой системы показателей, интегрирующей универсальные требования с отраслевыми индикаторами.

2. Обоснованы состав и структура отраслевых показателей устойчивого развития, отражающих специфику стекловарения. Предложена система из семи индикаторов, сгруппированных в четыре блока: экономический, экологический, социальный и управленческий. Новизна результата заключается во включении отраслевых индикаторов – доли стеклобоя в сырьевой смеси и энергоемкости стекловаренной печи, закрепленных в ГОСТ Р 113.05.02-2024 и ГОСТ Р 113.05.03-2024, что отличает предложенную систему от универсальных стандартов ПНСТ 926-2024 и СОКБ.

3. Обоснована методика построения интегрального показателя устойчивого развития стекольного предприятия, сочетающая универсальные требования национальных стандартов с отраслевыми метриками. Новизна результата состоит в определении процедуры агрегирования, включающей нормализацию разнородных показателей и последующее построение интегрального индикатора. Определение весовых коэффициентов вынесено в отдельное исследование, что обусловлено необходимостью проведения полноформатного экспертного опроса с проверкой согласованности мнений.

4. Обоснована необходимость верификации предложенной системы показателей на данных российских предприятий стекольной отрасли. Новизна результата заключается в определении требований к эмпирической базе верификации и в установлении отсутствия значимых различий в совокупной факторной производительности между предприятиями отрасли, что упрощает процедуру нормализации и повышает сопоставимость результатов. Апробация системы на расширенной выборке предприятий тарного стекла и сортовой посуды вынесена в отдельное исследование.

5. Сформулированы практические рекомендации по внедрению разработанной системы показателей в систему управления устойчивым развитием стекольных предприятий. Новизна результата состоит в обосновании возможности использования системы для мониторинга достижения целей устойчивого развития на корпоративном уровне, бенчмаркинга предприятий отрасли и подготовки ESG-отчетности в соответствии с требованиями национальных стандартов.

Проведенное исследование подтвердило наличие нерешенной научной проблемы – отсутствие методического обеспечения оценки устойчивого развития предприятий стекольной отрасли, учитывающего отраслевую специфику и обеспечивающего сопоставимость результатов с требованиями российских национальных стандартов.

***Направления дальнейших исследований***

Разработка системы показателей устойчивого развития предприятий стекольной отрасли не завершается формированием перечня индикаторов. Полноценное методическое обеспечение требует решения нескольких самостоятельных научных задач, каждая из которых обладает собственной методологией, эмпирической базой и процедурой верификации.

Первая задача – определение весовых коэффициентов показателей. Корректное определение весов потребует либо полноформатного экспертного опроса с формированием репрезентативной экспертной панели, проверкой согласованности мнений (коэффициент конкордации Кендалла), оценкой внутригрупповой и межгрупповой надежности, либо применения метода анализа иерархий с обоснованием каждой матрицы парных сравнений. Оба подхода предполагают сбор первичных данных, объем которых несопоставим с форматом настоящей статьи. Публикация весовых коэффициентов без раскрытия процедуры их получения и без возможности верификации противоречила бы требованиям к воспроизводимости научного исследования. Поэтому определение весовых коэффициентов предполагается вынести в отдельную работу, которая будет опираться на авторский экспертный опрос руководителей и специалистов стекольных предприятий и отраслевых объединений.

Вторая задача – построение и верификация интегрального показателя. Построение интегрального показателя устойчивого развития предполагает выбор и обоснование способа агрегирования (взвешенная сумма, геометрическая свертка, метод расстояний), процедуры нормализации разнородных показателей, анализа чувствительности и проверки устойчивости результатов к изменению весов. Верификация интегрального показателя требует доступа к первичным данным предприятий, значительная часть которых не раскрывается в публичной отчетности. Это предполагает организацию отдельного эмпирического исследования с привлечением предприятий отрасли, что выходит за рамки настоящей статьи. Результаты этой работы планируется представить в следующих публикациях.

Третья задача – апробация системы на расширенной выборке предприятий. Разработанная система сформирована с ориентацией на предприятия по производству листового стекла, поскольку именно по этому сегменту доступны сопоставимые панельные данные. Апробация системы на предприятиях по производству тарного стекла и сортовой посуды требует отдельного сбора данных, учитывающего различия в технологии, ассортименте и регуляторных требованиях. Эта задача также будет решаться в рамках последующих публикаций. Вынесение определения весовых коэффициентов и верификации интегрального показателя в отдельные работы

позволяет, во-первых, обеспечить полноценную процедуру сбора и обоснования первичных данных, во-вторых, избежать публикации непроверяемых экспертных оценок, в-третьих, представить каждый этап исследования с необходимой степенью детализации, требуемой для воспроизводимости научных результатов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Толстых Т.О., Михайлиди Д.Х., Писарев А.С. (2025) Оценка потенциала развития производства листового стекла в Российской Федерации на основе модели Портера. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*, 3 (79), 82–89. DOI: 10.52452/18115942_2025_3_82

2. Варапаева В.В., Жулина Е.Г. (2015) Состояние и тенденции развития стекольной промышленности Саратовской области. *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*, 3 (57), 44–50.

3. Тагаева Т.О., Савина А.И. (2024) Эффекты сокращения выбросов парниковых газов при внедрении наилучших доступных технологий в обрабатывающей промышленности Новосибирской. области. *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки*, 17 (12), 2481–2493.

4. Аверина О.И., Гудкова Д.Д. (2016) Анализ и оценка устойчивого развития предприятия. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*, 1–3, 10–19.

5. Урасова А.А., Федосеева С.С. (2024) Сравнительная оценка устойчивого развития промышленных предприятий в арктических территориях Российской Федерации. *Вестник Пермского университета. Серия: Экономика*, 19 (2), 206–219. DOI: 10.17072/1994-9960-2024-2-206-219

6. Мингалева Ж.А., Лобова Е.С., Дозморов Б.В. (2024) Использование методов корреляционно-регрессионного анализа для оценки влияния ключевых ESG-показателей на устойчивое развитие предприятия. *E-Management*, 7 (3), 20–30. DOI: 10.26425/2658-3445-2024-7-3-20-30

7. Mengistu A.T., Panizzolo R. (2023) Analysis of indicators used for measuring industrial sustainability: A systematic review. *Environment, Development and Sustainability*, 25 (3), 1979–2005. DOI: 10.1007/s10668-021-02053-0

8. Зингер О.А. (2015) Показатели устойчивого развития промышленного предприятия. *XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*, 1 (1 (23)), 222–227.

9. Калиниченко М.П. (2019) Устойчивое развитие предприятия: оценка, проект, функциональная стратегия маркетинг менеджмента. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика*, 1, 40–52. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-1-40-52

10. Кондрашова Н.В., Данилов И.С. (2022) Совершенствование алгоритма расчета интегрального показателя устойчивого развития экономического субъекта. *Современная экономика: проблемы и решения*, 5, 54–66. DOI: 10.17308/meps.2022.5/9241

11. Pastore L., Corvo L., Santangelo A.E., Resce G., Lelo A. (2025) Measuring sustainability impacts through SROI: a case study of the Italian glass industry's contribution to the SDGs. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 38 (5), 1483–1498. DOI: 10.1108/AAAJ-04-2024-7041

12. Pupo M.L., D'Ambrosio A. (2026) Measuring Firm Greenness: A Comprehensive Review of Corporate Sustainability Indicators. *Journal of Economic Surveys*, 40 (4), 2160–2184. DOI: 10.1111/joes.70077

13. Félix da Cunha Í.G., Veloso Santos Policarpo R., Senra de Oliveira P.C., Cardoso Abdala E., Aparecida do Nascimento Rebelatto D. (2025) A systematic review of ESG indicators and corporate performance: Proposal for a conceptual framework. *Future Business Journal*, 11 (1), art. no. 106. DOI: 10.1186/s43093-025-00539-1

## REFERENCES

1. Tolstykh T.O., Mikhailidi D.Kh., Pisarev A.S. (2025) Assessment of the development potential of flat glass production in the Russian Federation based on Porter's model. *Вестник Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. Series Social sciences*, 3 (79), 82–89. DOI: 10.52452/18115942_2025_3_82

2. Varapayeva V.V., Zhulina Ye.G. (2015) Current state and development prospects of glass industry in Saratov. *Vestnik Saratov State Socio-Economic University*, 3 (57), 44–50.

3. Tagaeva T.O., Savina A.I. (2024) Effects of Reducing Greenhouse Gas Emissions by Introducing the Best Available Technologies in the Processing Industry of the Novosibirsk Region. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 17 (12), 2481–2493.

4. Averina O.I., Gudkova D.D. (2016) Analiz i otsenka ustoichivogo razvitiia predpriiatiia [Analysis and assessment of an enterprise's sustainable development]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [*Current Issues in the Humanities and Natural Sciences*], 1–3, 10–19.

5. Urasova A.A., Fedoseeva S.S. (2024) Comparative analysis of sustainable development of industrial enterprises in the Arctic territories of the Russian Federation. *Perm University Herald. Economy*, 19 (2), 206–219. DOI 10.17072/1994-9960-2024-2-206-219

6. Mingaleva Z.A., Lobova E.S., Dozmorov B.V. (2024) Using correlation and regression analysis methods to assess the impact of key ESG indicators on the sustainable development of an enterprise. *E-Management*, 7 (3), 20–30. DOI: 10.26425/2658-3445-2024-7-3-20-30

7. Mengistu A.T., Panizzolo R. (2023) Analysis of indicators used for measuring industrial sustainability: A systematic review. *Environment, Development and Sustainability*, 25 (3), 1979–2005. DOI: 10.1007/s10668-021-02053-0

8. Zinger O.A. (2015) Indicators of sustainable development of industrial enterprises. *XXI CENTURY: Past Results and Present Problems Plus*, 1 (1 (23)), 222–227.

9. Kalynychenko M.P. (2019) Sustainable development of the enterprise: estimation, project, functional strategy of marketing management. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics*, 1, 40–52. DOI: 10.24143/2073-5537-2019-1-40-52

10. Kondrashova N.V., Danilov I.S. (2022) Improvement of the algorithm for calculating the integral indicator of sustainable development of an economic entity. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 5, 54–66. DOI: 10.17308/meps.2022.5/9241

11. Pastore L., Corvo L., Santangelo A.E., Resce G., Lelo A. (2025) Measuring sustainability impacts through SROI: a case study of the Italian glass industry's contribution to the SDGs. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 38 (5), 1483–1498. DOI: 10.1108/AAAJ-04-2024-7041

12. Pupo M.L., D'Ambrosio A. (2026) Measuring Firm Greenness: A Comprehensive Review of Corporate Sustainability Indicators. *Journal of Economic Surveys*, 40 (4), 2160–2184. DOI: 10.1111/joes.70077

13. Félix da Cunha Í.G., Veloso Santos Policarpo R., Senra de Oliveira P.C., Cardoso Abdala E., Aparecida do Nascimento Rebelatto D. (2025) A systematic review of ESG indicators and corporate performance: Proposal for a conceptual framework. *Future Business Journal*, 11 (1), art. no. 106. DOI: 10.1186/s43093-025-00539-1

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**ПИСАРЕВ Андрей Сергеевич**
E-mail: andrej.pisarev.2019@mail.ru
**Andrey S. PISAREV**
E-mail: andrej.pisarev.2019@mail.ru

**ТОЛСТЫХ Татьяна Олеговна**
E-mail: tolstyh.to@misis.ru
**Tatyana O. TOLSTYKH**
E-mail: tolstyh.to@misis.ru

*Поступила: 06.09.2026; Одобрена: 08.10.2026; Принята: 08.10.2026.*
*Submitted: 06.09.2026; Approved: 08.10.2026; Accepted: 08.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 64–79.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 64–79.

Научная статья
УДК 338.2:004.056:621.039
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19504
EDN: https://elibrary/FJDNDD

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕЗИЛЬЕНТНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

**Д.А. Сюняева[1] ✉ , М.Н. Руденко[2]**

[1] Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Российская Федерация;

[2] Государственный университет управления, Москва, Российская Федерация

✉ DASyunyaeva@yandex.ru

**Аннотация.** Режимные требования технологической независимости, установленные для критической информационной инфраструктуры, определяют, какую часть цифровой трансформации промышленной экосистемы атомной отрасли оркестратор вправе открывать внешним участникам, а какую обязан замыкать. Исследования платформенной открытости рассматривают ее как выбор спонсора платформы между расширением инноваций и контролем над ними; в работах о резильентности открытость в явном виде не вводится; работы о технологическом суверенитете описывают закрытие для государства или корпорации в целом. Ни одно из рассмотренных направлений не объясняет, как внешнее ограничение делит экосистему на части с разной допустимой открытостью. Цель исследования – установить закономерности, связывающие режимные требования с допустимой открытостью слоев экосистемы, и определить их следствия для резильентности и цифровой стратегии. Литература сопоставлена по четырем признакам; тексты Указа Президента Российской Федерации № 166 и постановления Правительства Российской Федерации № 1912 с приложениями проанализированы по шести кодам. Установлено, что требование привязано к значимому объекту, а не к организации, и выражено порогом с календарной датой: запрет использования иностранного программного обеспечения с 1 января 2025 г., доля доверенных программно-аппаратных комплексов 100% по состоянию на 31 декабря 2029 г. В норму встроены процедуры согласования и исключения, которые делают границу проходимой, а достижение порога в ядре опирается на допущение о достаточном предложении доверенной продукции со стороны внешних слоев. Пороговые формы фиксируют состояние ядра и не измеряют способность экосистемы перестраиваться, поэтому цифровая стратегия должна задавать для слоев вне режимного контура показатели способностей и не переносить на них пороговую логику ядра. Практическая значимость состоит в разграничении функций оркестратора как администратора нормы и организатора экосистемы. Выводы ограничены анализом открытых нормативных текстов; отраслевые планы перехода, составляющие документы ограниченного распространения, не исследовались.

**Ключевые слова:** закономерности, резильентность, режимные требования, открытость платформ, промышленная экосистема, атомная отрасль, цифровая трансформация, технологическая независимость

**Для цитирования:** Сюняева Д.А., Руденко М.Н. (2026) Закономерности резильентности промышленной экосистемы атомной отрасли. π-Economy, 19 (5), 64–79. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19504

© Сюняева Д.А., Руденко М.Н., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19504

# PATTERNS OF RESILIENCE IN THE INDUSTRIAL ECOSYSTEM OF THE NUCLEAR SECTOR

**D.A. Sunyaeva[1] ✉ , M.N. Rudenko[2]**

[1] National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russian Federation;

[2] State University of Management, Moscow, Russian Federation

✉ DASyunyaeva@yandex.ru

**Abstract.** Technological independence requirements for critical information infrastructure determine which areas of digital transformation within the industrial ecosystem of the nuclear industry the orchestrator may open to external participants and which must remain closed. Platform openness research frames openness as the sponsor's choice between fostering innovation and retaining control; resilience research does not explicitly address openness; technological sovereignty research considers closure at state or corporate level. None of the reviewed approaches explains how external constraints partition ecosystems into layers with differing permissible openness. The study identifies patterns linking regulatory requirements to permissible layer openness and their implications for resilience and digital strategy. The literature was compared across four dimensions; Russian Presidential Decree No. 166 and Government Resolution No. 1912, including annexes, were analysed using six codes. Requirements apply to significant infrastructure facilities rather than organisations and impose thresholds with deadlines: a ban on foreign software use from 1 January 2025 and a 100% share of trusted hardware–software systems by 31 December 2029. Embedded approval and exemption procedures make the boundary permeable, while core compliance assumes sufficient supplies of trusted products from outer layers. Threshold-based measures capture the core's state, not the ecosystem's reconfiguration capabilities. Digital strategy should therefore specify capability indicators for layers outside the regulatory perimeter rather than extend the core's threshold logic to them. The practical contribution lies in distinguishing the orchestrator's roles as a regulatory administrator and an ecosystem organiser. Conclusions are limited to publicly available legal texts; sectoral transition plans classified as restricted-distribution documents were not examined.

**Keywords:** patterns, resilience, regime requirements, platform openness, industrial ecosystem, nuclear industry, digital transformation, technological independence

**Citation:** Sunyaeva D.A., Rudenko M.N. (2026) Patterns of resilience in the industrial ecosystem of the nuclear sector. π-Economy, 19 (5), 64–79. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19504

## Введение

### *Актуальность исследования*

Объект исследования – промышленная экосистема атомной отрасли, т.е. экосистема якорной корпорации, в которой роль оркестратора выполняет Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом». Рассматривается гражданская часть отрасли; ядерный оружейный комплекс и зарубежные проекты в анализ не входят. Экосистему образуют организации, эксплуатирующие атомные станции и объекты ядерного топливного цикла, поставщики оборудования и программного обеспечения (ПО), малые и средние предприятия, а также потребители вне атомной энергетики. Для цифровой стратегии существенно, что участники входят в нее на разных условиях: одни работают внутри контура корпорации, другие связаны с ним договорами, третьи покупают продукцию на открытом рынке.

Цифровая трансформация промышленной экосистемы атомной отрасли рассматривается в настоящем исследовании с учетом институциональных ограничений использования ПО и программно-аппаратных комплексов. В систематизации А.В. Бондаренко и соавторов

© Sunyaeva D.A., Rudenko M.N., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

импортозамещение ПО выделено в самостоятельное направление регулирования критической информационной инфраструктуры [1]. И.И. Исмагилов и Н.С. Селиверстова связывают развитие нормативной базы рынка доверенных программно-аппаратных комплексов с расширением внутреннего спроса на отечественную электронику [2]. Р.В. Наталичев и соавторы показывают, что реализация требований к объектам критической информационной инфраструктуры (КИИ) сопровождается сложностями толкования нормативных положений и их практического применения [3]. Для настоящей работы такое сочетание регуляторных и рыночных условий задает исследовательскую задачу: разграничить обязательные требования к инфраструктуре и решения об организации цифровой кооперации, остающиеся в компетенции оркестратора.

Для оркестратора это означает, что решение об открытости цифровых решений принимается в два приема. На значимых объектах открытость ограничена нормой, и свобода выбора сводится к срокам, последовательности и способам перехода. По остальным объектам, участникам и продуктам открытость остается предметом стратегического выбора. Где проходит граница между двумя областями, из чего она состоит и как связана со способностью экосистемы перестраиваться после внешнего воздействия, в изученной литературе не определено. Ответ нужен прежде всего потому, что от него зависит, какие требования цифровая стратегия вправе переносить на всю экосистему, а какие нет.

В предшествующей работе авторов [4] способности резильентности – сопротивление, адаптация и трансформация – были распределены по слоям экосистемы: ядру, цепочке поставок и внешнему контуру. Чем слои разграничены с правовой точки зрения, там не рассматривалось. В настоящей статье исследуется этот вопрос. Исходная идея состоит в том, что режимное требование является границей открытости, потому что выводит часть решений об открытости из компетенции оркестратора, а сама граница имеет определенное строение – привязку к объекту, пороговую форму, встроенные процедуры проходимости и зависимость от способности внешних слоев. От трактовок суверенитета, относящих закрытие к корпорации или государству в целом, предлагаемая рамка отличается тем, что предметом анализа становится строение самой границы; от моделей платформенной открытости – тем, что верхний предел открытости принимается заданным извне, а не находится в результате оптимизации, проводимой спонсором платформы.

***Литературный обзор***

Обзор построен по одному основанию: кто и по какому критерию определяет, какая часть системы открыта, и учитывается ли при этом внешнее ограничение, привязанное к объектам. Основание выбрано потому, что для экосистемы с режимным ядром именно оно определяет, какие выводы платформенной и резильентной литературы допустимо переносить на нее.

В литературе об экосистемах и платформах открытость – переменная, которую задает спонсор. А. Гауэр различает внутренние платформы, платформы цепочек поставок и отраслевые платформы, которым соответствуют закрытый, избирательно открытый и открытый интерфейсы [5]. К. Будро на данных о 21 системе карманных компьютеров за 1990–2004 гг. разделил два способа открыть платформу – предоставить независимым разработчикам доступ и отдать им контроль над самой платформой – и показал, что влияние этих способов на выпуск новых устройств различается по силе и по механизму [6]. Дж. Паркер и М. Ван Алстайн строят модель, в которой закрытие платформы повышает возможность спонсора взимать плату за доступ, а открытие повышает возможность разработчиков строить продукты на платформе; модель описывает оптимальный уровень открытости, а также решение спонсора интегрироваться как закрытая иерархия или предложить открытый договор [7].

Т. Кречмер и соавторы рассматривают платформенные экосистемы как метаорганизации – форму, у которой нет иерархических инструментов фирмы, но нет и несогласованности рынка;

в качестве главных признаков они выделяют источники власти, стимулы участия и структуры управления [8]. М. Джакобидес, К. Ченнамо и А. Гауэр объясняют, почему координация в экосистеме возможна без полного иерархического контроля [9]. В работах, где открытость выводится из выбора [6, 7], ограничением служат условия присвоения выгоды и контроль над последующими инновациями. Внешнее требование закрыть часть платформы в них не рассматривается.

В литературе о резильентности открытость в явном виде не вводится. К. Холлинг разделил инженерную резильентность, мерой которой служит скорость возврата к равновесию, и экологическую, мерой которой служит величина возмущения, поглощаемого до смены структуры [10]. Б. Уокер и соавторы добавили адаптивность и трансформируемость [11], а К. Фольке и соавторы свели три свойства в единую рамку [12]. В работах о цепочках поставок вопрос о границе возникает как выбор между избыточностью и гибкостью [13]; Д. Иванов и А. Долгий описывают взаимосвязанные сети поставок как открытые системы, в которых фирмы меняют роли покупателя и поставщика [14]. Среди российских работ А.В. Бабкин и Г.С. Мерзликина связывают критерий резильентности с реакцией системы на шок относительно значений показателей, признанных равновесными [15], а Г.Б. Клейнер показывает, что динамическая устойчивость может обеспечиваться циклическим переносом «центра тяжести» между подсистемами [16]. Первая трактовка опирается на сравнение значений с эталонными, вторая распределяет нагрузку по сохранению системы между подсистемами во времени; различения режимов открытости внутри системы в рассмотренных работах нет.

Работы о технологическом суверенитете задают рамку закрытия. Я. Эдлер и соавторы определяют суверенитет как способность государства обеспечивать себя критическими технологиями, разрабатывая их самостоятельно или получая из других экономических областей без односторонней структурной зависимости, и отделяют суверенитет от автаркии [17]. Н.В. Смородинская и Д.Д. Катуков относят курс на суверенитет к секьюритизации промышленных стратегий и предупреждают, что достичь его может оказаться труднее, чем ожидают правительства [18]. По А.О. Безрукову, Д.Ю. Байдарову и Д.Ю. Файкову, основу технологического лидерства составляет сочетание суверенитета, равноправия и сотрудничества [19]; Д.Ю. Байдаров и Д.Ю. Файков среди механизмов государственных корпораций называют создание максимально полных технологических цепочек и объединение вокруг корпорации малого и среднего бизнеса [20]. Б.Н. Кривошеин и И.А. Покровский разводят технологическую независимость и безопасность объектов КИИ, а вместе с ними критерии доверия и критерии российского происхождения продукции [21]. Закрытие и сотрудничество здесь названы вместе, но субъектом закрытия остается государство или корпорация, а единицей – страна, корпорация или продукт; объект инфраструктуры, к которому привязана норма, единицей не служит.

Российские исследования цифровой трансформации после 2022 г. связывают ее с выходом из зависимости от зарубежных технологий: В.В. Кобзев, А.В. Бабкин и А.С. Скоробогатов описывают переход промышленных предприятий на отечественные системы автоматизированного проектирования и управления жизненным циклом изделий [22]. М.Н. Руденко отмечает, что цифровая трансформация порождает специфические риски на разных уровнях социально-экономических экосистем [23]; индикативная диагностика в ее работах строится на сопоставлении индикаторов с пороговыми значениями [24, 25].

Сопоставление по выбранному основанию дает следующую картину. В моделях платформенной открытости предполагается, что границу проводит спонсор и что она относится к платформе. В литературе о резильентности открытость вводится косвенно, через избыточность и гибкость, а вопрос решается для цепочки в целом. Работы о суверенитете соединяют закрытие и сотрудничество, но приписывают закрытие субъектам более высокого уровня. Нерешенной остается задача определить, из чего состоит внешнее режимное ограничение,

к какой единице оно привязано, какие процедуры проходимости в него встроены и как оно соотносится со способностью экосистемы перестраиваться. Без ответа цифровая стратегия рискует либо принять норму ядра за свойство всей экосистемы, либо проектировать открытость слоев так, словно нормы нет.

Цель исследования – установить закономерности, связывающие режимные требования с допустимой открытостью слоев промышленной экосистемы атомной отрасли, и определить следствия этих закономерностей для резильентности и цифровой стратегии экосистемы.

Для достижения цели решаются три задачи:

1) сопоставить направления исследований по тому, кто и на каком основании определяет границу открытости, и установить, учитывают ли они внешнее требование, привязанное к объектам;

2) определить по текстам нормативных актов, к чему привязано режимное требование, какую форму оно имеет и какие процедуры проходимости в него встроены;

3) сформулировать закономерности с указанием их доказательного статуса и вывести следствия для резильентности и цифровой стратегии.

**Методы и материалы**

Исследование выполнено в три этапа, и каждый из них дает результат, соответствующий одной из задач.

На первом этапе сопоставлены пять групп публикаций:

1) об открытости платформ и экосистем;
2) о резильентности систем и цепочек поставок, включая российские работы об устойчивости;
3) о технологическом суверенитете и лидерстве;
4) о цифровой трансформации промышленности после 2022 г.;
5) об индикативной диагностике.

Основанием сопоставления служили четыре признака:

1) кто решает об открытости;
2) к какой единице она привязана;
3) чем ограничено решение – внутренними или внешними условиями;
4) связана ли открытость с резильентностью.

Выводы работ [6–8], доступных для анализа в виде аннотаций, использованы в пределах содержания аннотаций.

На втором этапе выполнен содержательный анализ текстов нормативных актов. Единицей анализа служило положение акта: пункт, подпункт, приложение. Полностью прочитаны и закодированы Указ Президента Российской Федерации № 166 в редакции от 07.04.2025[1] (Указ № 166) и постановление Правительства Российской Федерации № 1912 с Правилами и приложениями 1–4[2] (постановление № 1912); использована редакция с изменениями, внесенными постановлением от 26.12.2024 № 1915, по данным справочной правовой системы на 13.10.2026. Формы отчетов (приложения № 5–9) не анализировались. Каждое положение кодировалось по шести признакам:

1) адресат;
2) объект, к которому оно относится;
3) форма требования (запрет, согласование, порог, план);
4) срок;

[1] Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (в ред. от 07.04.2025).

[2] Постановление Правительства Российской Федерации от 14.11.2023 № 1912 «О порядке перехода субъектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации на преимущественное применение доверенных программно-аппаратных комплексов на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» (в ред. от 26.12.2024).

5) процедура исключения или согласования;

6) допущения о состоянии других участников экосистемы.

Указ № 309[3] привлечен только для формулировки национальной цели «Технологическое лидерство», Федеральный закон № 187-ФЗ[4] – как источник терминов; их тексты не кодировались. Кодирование выполнено одним исследователем, согласованность кодировщиков не оценивалась.

На третьем этапе закономерности сформулированы как положения о строении режимной границы. Каждому положению присвоен доказательный статус: «установлено по тексту нормы», если оно следует из прочитанных положений актов; «выведено», если требует интерпретации или сопоставления с литературой; «гипотеза», если доступными материалами не проверяется. Для каждого положения указано условие, при котором оно утрачивает силу. Слои экосистемы – ядро, цепочка поставок, внешний контур – приняты по предшествующей работе авторов [4], где третий слой назван открытым рынком; слои различаются преобладающим механизмом координации (иерархия, гибридная форма, рынок [26]) и типом платформы (внутренняя, цепочки поставок, отраслевая [5]). Под открытостью слоя понимается допустимость включения в создание и эксплуатацию его объектов участников и продукции, не входящих в контур оркестратора.

Границы материала определены доступностью источников. Отраслевые планы перехода, выписки из отраслевых реестров и отчеты об их реализации отнесены к документам ограниченного распространения[5]; значения долей доверенных комплексов по отрасли и организациям в работе не используются и не оцениваются. Выводы касаются строения нормы, а не ее исполнения. Причинных утверждений о влиянии норм на резильентность в работе нет.

**Результаты**

***Сопоставление направлений исследований по основанию определения границы открытости***

Итоги сопоставления представлены в табл. 1.

Два расхождения с задачей, поставленной в настоящем исследовании, видны сразу. Первое касается субъекта решения. В моделях платформенной открытости [6, 7] границу проводит спонсор, который максимизирует инновации или доход; там, где граница задана нормой, его выбор не определяет результата, и выводы моделей переносятся лишь на ту часть экосистемы, которой норма не касается. Второе касается единицы. Работы о суверенитете относят закрытие к стране, корпорации или продукции [17, 20], и из них не следует, что закрытие может проходить внутри одной организации.

Итог сопоставления можно выразить так: изученные направления не дают рамки, в которой внешнее режимное требование имело бы собственное строение, а граница открытости определялась бы нормой для одних частей экосистемы и выбором оркестратора для других. Для цифровой стратегии отсюда вытекает порядок анализа: прежде чем распределять открытость по слоям, нужно установить, что в ней уже задано нормой.

***Строение режимного требования по текстам нормативных актов***

Результаты кодирования актов приведены в табл. 2.

Оба акта формулируют требование через принадлежащие адресату значимые объекты КИИ, а не через организацию или ее деятельность в целом[6]. Организация отрасли может владеть значимым объектом, на который распространяется запрет, и одновременно эксплуатировать системы, к которым запрет не применяется. Поэтому граница режима проходит внутри организации, а

[3] Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

[4] Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

[5] Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912, Правила, п. 3, 22.

[6] Федеральный закон № 223-ФЗ от 18.07.2011 «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».

ядро экосистемы определяется составом объектов, сведения о которых уполномоченные органы получают из реестра значимых объектов в виде выписок ФСТЭК России[7].

Форма требования – порог с календарной датой. Запрет использовать иностранное ПО действует с 1 января 2025 г.; переход на доверенные комплексы считается завершенным, когда их доля в общем числе комплексов на значимых объектах достигнет 100% на 31 декабря 2029 г., а план перехода с меньшим целевым значением подлежит отклонению[8]. Формы планов и реестров содержат плановые и фактические доли доверенных комплексов, их число и прогнозные затраты[9]. Показателя, который говорил бы, за какой срок и какими средствами субъект заменит комплекс при изменении предложения, в этих формах нет.

**Таблица 1. Основание определения границы открытости в существующих направлениях исследований**
**Table 1. Basis for defining the boundary of openness in existing research streams**

| Направление и источники | Кто решает об открытости | Единица, к которой привязана открытость | Чем ограничено решение | Связь с резильентностью |
|---|---|---|---|---|
| Открытость платформ и экосистем [5–9] | Спонсор платформы (оркестратор) | Платформа, интерфейс, компонент | Условиями присвоения выгоды и контролем над последующими инновациями; внешнее режимное требование не рассматривается | Не рассматривается |
| Резильентность систем [10–12] | Не определяется: открытость не вводится | Система, сообщество | Не применимо | Предмет работ; с открытостью не связана |
| Резильентность цепочек поставок и устойчивость экономических систем [13–16] | Фирма, управляющая цепочкой; субъект стратегии | Цепочка или сеть поставок; экономическая система | Выбором между избыточностью и гибкостью; эталонными значениями показателей | Избыточность и гибкость; смена ролей в сетях |
| Технологический суверенитет и лидерство [17–21] | Государство, государственная корпорация | Страна, корпорация, продукция | Критичностью технологий; суверенитет отделен от автаркии [17] | Косвенная: через зависимость от внешних источников |
| Цифровая трансформация в условиях ограничениипосле 2022 г. [22–25] | Предприятие; регулятор | Предприятие; уровень экосистемы | Необходимостью выхода из зависимости от зарубежных технологий; пороговыми значениями индикаторов | Риски по уровням экосистем [23] |
| Трактовка авторов | Регулятор – для значимых объектов; оркестратор – для остальных | Объект и слой | Нормой с порогом и сроком; процедурами согласования и исключения | Норма фиксирует состояние ядра; способности слоев измеряются отдельно |

Источник: составлено авторами.

[7] Указ Президента РФ от 30.03.2022 № 166; Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912.
[8] Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912, Правила, п. 10, 14.
[9] Там же, п. 2, 14.

**Таблица 2. Строение режимного требования в проанализированных актах**
**Table 2. Structure of the regime requirement in the legal acts analysed**

| Положение | Адресат и объект | Форма требования | Срок | Процедура исключения или согласования |
|---|---|---|---|---|
| Указ № 166, п. 1(а) | Заказчики, закупающие по Федеральному закону 223-ФЗ[10]; значимые объекты КИИ | Запрет закупок иностранного ПО, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, и сопутствующих услуг без согласования | С 31.03.2022 | Согласование с уполномоченным федеральным органом или Банком России |
| Указ № 166, п. 1(б) | Органы государственной власти и заказчики; значимые объекты КИИ | Запрет использования иностранного ПО | С 01.01.2025 | «...если иное не установлено федеральным законом» |
| Постановление № 1912, п. 2 | Субъекты КИИ; значимые объекты КИИ | Преимущественное применение доверенных комплексов; запрет использования недоверенных комплексов, приобретенных с 01.09.2024 | Переход до 01.01.2030; доля доверенных комплексов 100% на 31.12.2029 | Исключение при отсутствии российских аналогов; подтверждается заключением Минпромторга России |
| Постановление № 1912, Правила, п. 3, 5, 9 | Уполномоченные органы, в области атомной энергии – Госкорпорация «Росатом»; организации корпорации | Отраслевой план перехода; планы организаций корпорации утверждаются по согласованию с Госкорпорацией «Росатом» | Отраслевой план – до 01.09.2024; актуализация ежегодно до 1 мая с 2026 г. | Согласование плана организации с Госкорпорацией «Росатом» |
| Постановление № 1912, Правила, п. 2, прил. № 1 | Программно-аппаратный комплекс | Критерии доверия: включение в реестр российской радиоэлектронной продукции; соответствие ПО установленным требованиям; сертификат при реализации функции защиты информации | Применяются при переходе | Критерии применяются одновременно; исключений внутри них нет |
| Постановление № 1912, Правила, п. 25; прил. № 3, сн. 14 | Научно-производственное объединение по доверенным комплексам (распоряжение Правительства РФ от 29.03.2023 № 757-р); субъекты КИИ | Ежегодный прогноз производства доверенных комплексов; плановые доли определяются в предположении достаточного предложения на рынке | Ежегодно до 1 апреля с 2025 г. | Не предусмотрена |

Источник: составлено авторами по Указу № 166 и постановлению № 1912[11].

[10] Федеральный закон № 223-ФЗ от 18.07.2011 «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».
[11] Указ Президента РФ от 30.03.2022 № 166; Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912.

Норма не сводится к безусловному запрету. Закупка иностранного ПО для значимого объекта допускается после согласования[12]; запрет использовать недоверенные комплексы, приобретенные с 1 сентября 2024 г., не действует, если российских аналогов нет, причем отсутствие аналогов подтверждается заключением Минпромторга России по правилам постановления № 1135[13]. Оба механизма превращают допуск в процедуру с критериями. Критерии доверия в Правилах объединяют происхождение продукции (включение в реестр российской радиоэлектронной продукции), соответствие ПО установленным требованиям и сертификацию функций защиты информации, причем комплекс должен отвечать всем критериям сразу[14]. Такое устройство согласуется с различением, которое Б.Н. Кривошеин и И.А. Покровский проводят между критериями доверия и критериями происхождения [21]: происхождение входит в число условий, но ими не исчерпывается.

Роль оркестратора в норме двойная. Госкорпорация «Росатом» названа уполномоченным органом в области атомной энергии: она утверждает отраслевой план перехода, актуализирует его с 2026 г. ежегодно и направляет отчетность в Минпромторг России; планы организаций корпорации и подведомственных ей предприятий утверждаются их руководителями по согласованию с ней[15]. Оценочные и прогнозные доли доверенных комплексов в отраслевом плане определяются уполномоченным органом экспертным путем[16]. Корпорация не только организует экосистему, но и участвует в исполнении нормы, которая задает ее закрытую часть.

Допущение о внешних слоях зафиксировано в самой норме. Плановое значение доли доверенных комплексов в форме плана перехода определяется в предположении, что на рынке имеется или появится достаточное количество доверенных комплексов с нужными характеристиками, а организация, определенная распоряжением Правительства от 29.03.2023 № 757-р научно-производственным объединением по доверенным комплексам, ежегодно с 2025 г. передает уполномоченным органам прогноз их производства на текущий и два следующих года[17]. Выполнение порога ядром поставлено, таким образом, в зависимость от того, сумеют ли цепочка поставок и рынок предложить продукцию в нужном объеме и в срок. Сбывается ли допущение, по открытым данным судить нельзя: отраслевые планы и отчеты относятся к документам ограниченного распространения[18].

***Закономерности строения режимной границы***

По результатам анализа положений актов и сопоставления с литературой выведены три закономерности (табл. 3).

Закономерности З1–З3 уточняют положения предшествующей работы авторов о слоях экосистемы [4]. Согласно З1, слой определяется не организационной принадлежностью, а режимом объектов. Согласно З2, шлюзы между слоями предусмотрены самой нормой, а не только практикой корпорации. Согласно З3, способность ядра выполнить порог связана со способностями цепочки поставок и внешнего контура.

Национальная цель «Технологическое лидерство» сформулирована в Указе № 309[19] (см. также [27]); в числе ее показателей и задач названы обеспечение технологической независимости и формирование новых рынков. Две стороны лидерства – закрытая и открытая – оказываются в одной цели, как и в работах о сочетании суверенитета и сотрудничества [17, 19]. Указ не говорит, какой слой несет какую сторону. Закономерности З1–З3 позволяют предложить такое распределение: независимость обеспечивается нормой на значимых объектах, формирование

[12] Указ Президента РФ от 30.03.2022 № 166, п. 1(а).
[13] Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912, Правила, п. 2.
[14] Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912, п. 2.
[15] Там же, Правила, п. 2, прил. № 1.
[16] Там же, п. 3, 5, 9, 22.
[17] Там же, прил. № 2.
[18] Там же, п. 25, прил. № 3, сн. 14.
[19] Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309.

рынков – решениями оркестратора вне нормы. Предложение принадлежит авторам и выведено из строения границы; в Указе такого положения нет.

**Таблица 3. Закономерности строения режимной границы**
**Table 3. Regularities in the structure of the regime boundary**

| Закономерность | Основание | Доказательный статус | Условие, при котором закономерность утрачивает силу |
|---|---|---|---|
| З1. Режимное требование привязано к объекту, а не к организации; граница ядра проходит внутри организаций, и ядро определяется составом значимых объектов | Указ № 166, п. 1; Постановление № 1912, п. 2; выписки из реестра значимых объектов (Постановление № 1912, Правила, п. 10, 14) | Установлено по тексту норм, относящихся к значимым объектам КИИ; для других режимных контуров не проверялось | Норма, которая распространяет запрет на все информационные системы организации независимо от статуса объекта |
| З2. Граница задана порогом с календарной датой и содержит встроенные процедуры проходимости: согласование закупок, исключение при отсутствии отечественных аналогов, многокритериальное признание доверия | Указ № 166, п. 1(а); Постановление № 1912, п. 2, Правила, прил. № 1–4 | Форма нормы и процедуры установлены по тексту; вывод, что формы фиксируют состояние, а не способность, выведен | Редакция норм без процедур согласования и исключения либо формы с показателями способности субъекта к замене |
| З3. Порог в ядре достигается при условии достаточного предложения доверенной продукции со стороны цепочки поставок и рынка; в норму встроены допущение о достаточности предложения и канал информации о нем | Постановление № 1912, Правила, п. 25; прил. № 3, сн. 14 | Допущение установлено по тексту; его сбываемость не проверялась; вывод о зависимости ядра от внешних слоев выведен | Данные о выполнении планов, при которых нехватка доверенной продукции не влияла на достижение порога |

Источник: составлено авторами по Указу № 166 и постановлению № 1912[20].

***Следствия для резильентности и цифровой стратегии***

Пороговая форма нормы определяет, что именно она фиксирует. Доля доверенных комплексов, достигшая 100%, описывает состояние ядра на дату. По классификации К. Холлинга, такой критерий родствен инженерной резильентности, для которой важны постоянство функции и возврат к заданному режиму [10]; к тому же типу относится и критерий, который А.В. Бабкин и Г.С. Мерзликина связывают с отклонением от значений, признанных равновесными [15]. Для ядра, где постоянство функции служит требованием, а не недостатком, этого достаточно. Порог, однако, не показывает, как поведет себя система, если допущение З3 не выполнится: сколько времени потребует замена комплекса, какой запас прочности есть у субъекта, какие участники цепочки способны быстро перестроиться. Та же логика лежит в основе индикативной диагностики, то есть сопоставления фактических значений индикаторов с пороговыми [24, 25]: она фиксирует положение системы относительно порога, но не ее способность удерживать его при изменении условий.

Режимный порог в ядре и резильентность экосистемы связаны, следовательно, как ограничение и условие, а не как цель и средство: порог должен достигаться без изъятия у цепочки поставок и внешнего контура способностей адаптации и трансформации [4]. Закономерности З1–З3 порождают три следствия для цифровой стратегии.

[20] Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912, п. 3, 22.

Норма входит в стратегию параметром, а не целью. На значимых объектах свобода оркестратора ограничена маршрутом к порогу: сроками, очередностью, выбором между доверенными вариантами. Цели стратегии для ядра измеряются соблюдением сроков и качеством перехода. Поскольку норма сама ограничена значимыми объектами (31), ее пороговая форма не имеет основания за пределами контура: распространение требования «100% доверенных» на стандартную закупку или на продукты для внешних рынков было бы решением оркестратора, а не следствием нормы.

Предположение о достаточном предложении (33) необходимо превратить в наблюдаемую величину. Предлагаем для этого два показателя: число и долю позиций, по которым применено исключение при отсутствии российских аналогов, а также срок и стоимость замены комплекса, когда аналог появляется. Первый показывает, где допущение о достаточном предложении не сбылось; второй – какой запас перестройки есть у субъекта. Оба показателя в формах Правил отсутствуют, данные для них могут находиться только в корпорации, и это предложение остается непроверенным.

Решения оркестратора как администратора нормы и как организатора экосистемы следует разделять. Оценка долей и утверждение планов относятся к исполнению нормы; выбор открытости для цепочки поставок и внешнего контура – к стратегии. Если показатели первой роли становятся критерием для второй, закрытие может перейти в слои, где нормы нет. Отсюда гипотеза: при расширении перечня значимых объектов за счет объектов, обслуживающих цепочку поставок, доля решений об открытости, остающихся за оркестратором, сокращается, а адаптационная способность цепочки поставок снижается. Гипотеза опровергается, если после такого расширения доля новых поставщиков в цепочке не уменьшается.

**Обсуждение**

Модели платформенной открытости [6, 7] остаются применимыми, но к части экосистемы. Различение доступа и передачи контроля [6] позволяет разделять слои по режиму открытости: в ядре закрыты и допуск, и контроль; в цепочке поставок допуск предоставляется избирательно, а контроль остается у оркестратора; во внешнем контуре допуск открыт. Перед нами аналогия, а не проверка: К. Будро [6] изучал рынок карманных компьютеров, а не режимную инфраструктуру. В модели Дж. Паркера и М. Ван Алстайна [7] оптимальная открытость зависит от соотношения выгод закрытия и открытия; в режимном ядре выбор между ними снят нормой, и оптимизировать допустимо лишь остаток.

В терминах метаорганизации [8] норма играет роль правил проектирования, заданных извне: она ограничивает состав компонентов ядра платформенной архитектуры и не затрагивает внешние компоненты. На наш взгляд, это уточняет признак экосистемы по М. Джакобидесу и соавторам – отсутствие полного иерархического контроля [9]: в экосистеме с режимным ядром он выполняется там, где открытость остается предметом выбора, и не выполняется на значимых объектах, где допуск определяется нормой и иерархией внутри корпорации.

Различение суверенитета и автаркии [17] получает операциональное содержание: граница закрытия задана перечнем объектов и процедурами допуска, поэтому закрытие не охватывает корпорацию целиком. Предупреждение Н.В. Смородинской и Д.Д. Катукова о том, что суверенитет достижим труднее, чем ожидается [18], в этой рамке находит конкретный источник: порог в ядре зависит от предложения, которое владелец значимого объекта не производит и не контролирует.

Для литературы о резильентности результат означает, что в случае инженерной и экологической трактовок [10, 11] не нужно выбирать одну из двух: порог описывает ядро, а способности адаптации и трансформации относятся к слоям вне контура. Распределение способностей по слоям, предложенное ранее [4], получает в 31 правовое основание.

Ограничения результатов связаны с материалом. Анализ охватывает два акта и одно положение третьего; других режимных контуров – лицензирования деятельности в области использования атомной энергии, требований к закупкам, экспортного контроля – в нем нет, поэтому З1 доказана для требований к технологической основе значимых объектов КИИ и на режим вообще не распространяется. Акты кодировал один исследователь, а их редакции меняются: Указ № 166 приведен в редакции от 07.04.2025, в постановление № 1912 изменения вносились 26.12.2024. В части З3 установлено лишь то, что допущение записано в норме; закрытость отраслевых планов не позволяет судить, сбывается ли оно, и вывод о зависимости ядра от внешних слоев остается логическим. Отнесение объектов к слоям – конструкция авторов, акты слоев не называют: построенное соответствие непротиворечиво, но не единственно возможно. Статья не оценивает влияния норм на резильентность и не выясняет, ускорили ли они адаптацию цепочки поставок или замедлили ее; для такого вывода нужны сопоставимые ряды по организациям [28–30]. Перенос результатов на другие режимные отрасли, например на ракетно-космическую, где тем же постановлением уполномоченным органом назван Роскосмос[21], остается гипотезой.

**Заключение**

В соответствии с задачами исследования получены следующие результаты.

1. Направления исследований сопоставлены по основанию определения границы открытости. В моделях платформенной открытости границу проводит спонсор, максимизирующий инновации или доход; в работах о резильентности открытость не вводится; в работах о суверенитете закрытие относится к государству или корпорации. Новое здесь основание сопоставления – внешнее режимное требование, привязанное к объектам, – по которому выявлено, что изученные направления не позволяют определить, какая часть открытости экосистемы задана нормой.

2. Определено строение режимного требования по текстам Указа № 166 и постановления № 1912: оно привязано к значимому объекту, выражено порогом с датой (запрет использования иностранного ПО с 1 января 2025 г.; доля доверенных комплексов на значимых объектах – 100% по состоянию на 31 декабря 2029 г.), содержит процедуры согласования и исключения и опирается на допущение о достаточном предложении доверенной продукции. От прежних описаний результат отличается тем, что граница ядра выводится из состава объектов, а не из организационной принадлежности, и что шлюзы между слоями предусмотрены самой нормой.

3. Сформулированы три закономерности с доказательным статусом и условиями опровержения, выведены три следствия для цифровой стратегии: норма входит в стратегию параметром, а не целью; допущение о предложении доверенной продукции превращается в наблюдаемую величину; решения оркестратора как администратора нормы и как организатора экосистемы разделяются. Гипотеза о сокращении адаптации цепочки поставок при расширении перечня значимых объектов нуждается в проверке.

Приращение работы укладывается в одно положение: ядро экосистемы атомной отрасли – не организация и не уровень цифровизации, а перечень объектов, к которым применена пороговая норма, и резильентность экосистемы зависит от того, сохраняются ли способности остальных слоев при выполнении этой нормы.

Практическое значение результатов состоит в том, что оркестратор получает основание различать в стратегии заданное нормой и остающееся выбором, а способности слоев вне контура измерять отдельно от выполнения порога.

[21] Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912, Правила, п. 3.

***Направления дальнейших исследований***

Закономерности З1 и З2 следует проверить на других режимных контурах – лицензировании деятельности в области использования атомной энергии, требованиях к закупкам, экспортном контроле – и в отрасли, где якорная корпорация назначена уполномоченным органом тем же постановлением, то есть в ракетно-космической[22]. Если хотя бы один из контуров привязан к организации, а не к объекту, граница ядра окажется составной, и З1 потребует уточнения; сопоставление двух корпораций покажет, зависит ли строение границы от отрасли или целиком определяется нормой.

Допущение З3 нужно превратить в измеримую величину на данных организаций корпорации: число позиций, по которым применено исключение при отсутствии аналогов, срок и стоимость замены комплекса. Источник данных определяется после согласования доступа в корпорации; открытых данных для такого расчета в проанализированных актах не предусмотрено.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бондаренко А.В., Мушовец К.В., Поршнев С.В., Рогова О.К. (2023) Структура действующих нормативных правовых актов в области обеспечения безопасности объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации. *Безопасность информационных технологий*, 30 (3), 126–148. DOI: 10.26583/bit.2023.3.09

2. Исмагилов И.И., Селиверстова Н.С. (2025) Развитие институционального окружения электронной промышленности России. *Экономическая безопасность*, 8 (12), 3761–3780. DOI: 10.18334/ecsec.8.12.124364

3. Наталичев Р.В., Горбатов В.С., Гавдан Г.П., Дураковский А.П. (2021) Эволюция и парадоксы нормативной базы обеспечения безопасности объектов критической информационной инфраструктуры. *Безопасность информационных технологий*, 28 (3), 6–27. DOI: 10.26583/bit.2021.3.01

4. Руденко М.Н., Сюняева Д.А. (2026) Резильентность промышленной экосистемы атомной отрасли (in print). *Фундаментальные исследования*, 10, 68–76.

5. Gawer A. (2014) Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework. *Research Policy*, 43 (7), 1239–1249. DOI: 10.1016/j.respol.2014.03.006

6. Boudreau K. (2010) Open Platform Strategies and Innovation: Granting Access vs. Devolving Control. *Management Science*, 56 (10), 1849–1872. DOI: 10.1287/mnsc.1100.1215

7. Parker G., Van Alstyne M. (2018) Innovation, Openness, and Platform Control. *Management Science*, 64 (7), 3015–3032. DOI: 10.1287/mnsc.2017.2757

8. Kretschmer T., Leiponen A., Schilling M., Vasudeva G. (2022) Platform ecosystems as meta-organizations: implications for platform strategies. *Strategic Management Journal*, 43 (3), 405–424. DOI: 10.1002/smj.3250

9. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. (2018) Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39 (8), 2255–2276. DOI: 10.1002/smj.2904

10. Holling C.S. (1996) Engineering resilience versus ecological resilience. In: *Engineering within ecological constraints* (ed. P.C. Schulze). Washington, DC: National Academy Press, 31–44. DOI: 10.17226/4919

11. Walker B., Holling C.S., Carpenter S.R., Kinzig A. (2004) Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9 (2), art. no. 5. DOI: 10.5751/ES-00650-090205

12. Folke C., Carpenter S.R., Walker B., Scheffer M., Chapin T., Rockström J. (2010) Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, 15 (4), art. no. 20. DOI: 10.5751/ES-03610-150420

13. Sheffi Y., Rice J.B. Jr. (2005) A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47 (1), 41–48.

[22] Постановление Правительства РФ от 14.11.2023 № 1912.

14. Ivanov D., Dolgui A. (2020) Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. *International Journal of Production Research*, 58 (10), 2904–2915. DOI: 10.1080/00207543.2020.1750727

15. Бабкин А.В., Мерзликина Г.С. (2025) Устойчивое развитие экономических систем: эссенциальное содержание и критерии оценки. *Экономика и управление*, 31 (7), 834–853. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-7-834-853

16. Клейнер Г.Б. (2015) Системный ресурс стратегической устойчивости экономики. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 4 (223), 10–24. DOI: 10.5862/JE.223.1

17. Edler J., Blind K., Kroll H., Schubert T. (2023) Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means. *Research Policy*, 52 (6), art. no. 104765. DOI: 10.1016/j.respol.2023.104765

18. Смородинская Н.В., Катуков Д.Д. (2024) Курс на технологический суверенитет: новый глобальный тренд и российская специфика. *Балтийский регион*, 16 (3), 108–135. DOI: 10.5922/2079-8555-2024-3-6

19. Безруков А.О., Байдаров Д.Ю., Файков Д.Ю. (2024) Технологическое лидерство государства: концептуальное понимание и механизмы формирования. *Экономическое возрождение России*, 1 (79), 75–89. DOI: 10.37930/1990-9780-2024-1-79-75-89

20. Байдаров Д.Ю., Файков Д.Ю. (2023) Развитие механизмов обеспечения технологического суверенитета государственными корпорациями. *Экономическая безопасность*, 6 (4), 1335–1358. DOI: 10.18334/ecsec.6.4.119296

21. Кривошеин Б.Н., Покровский И.А. (2023) Понятия и критерии оценки технологической независимости и безопасности объектов критической информационной инфраструктуры. *Безопасность информационных технологий*, 30 (4), 39–60. DOI: 10.26583/bit.2023.4.02

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

23. Руденко М.Н. (2022) Феномен риска в условиях цифровой трансформации социально-экономических экосистем. *Russian Journal of Management*, 10 (3), 6–10. DOI: 10.29039/2409-6024-2022-10-3-6-10

24. Руденко М.Н. (2020) Диагностика социально-экономической безопасности региона. *Экономическая безопасность*, 3 (3), 323–334. DOI: 10.18334/ecsec.3.3.110744

25. Долганова Я.А., Руденко М.Н. (2021) *Совершенствование способов оценки и прогнозирования экономической безопасности региона*, М.: Первое экономическое издательство. DOI: 10.18334/9785912924101

26. Williamson O.E. (1991) Comparative Economic Organization: The Analysis of Discrete Structural Alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 36 (2), 269–296. DOI: 10.2307/2393356

27. Кучеренко А.И. (2025) Концептуальные аспекты оценки эффективности осуществления национальных проектов в контексте достижения технологического лидерства. *Управленческий учет*, 2, 109–118. DOI: 10.25806/uu-5051

28. Бабкин А.В., Михайлов П.А., Шкарупета Е.В., Чэнь Лэйфэй (2025) Инструментарий оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы на основе коэволюции и экосистемной синергии. *π-Economy*, 18 (4), 32–53. DOI: 10.18721/JE.18402

29. Гареев Т.Р. (2023) Технологический суверенитет: от концептуальных противоречий к практической реализации. *Terra Economicus*, 21 (4), 38–54. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-4-38-54

30. Vial G. (2019) Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28 (2), 118–144. DOI: 10.1016/j.jsis.2019.01.003

## REFERENCES

1. Bondarenko A.V., Mushovets K.V., Porshnev S.V., Rogova O.K. (2023) Analysis of current regulations in the field of cybersecurity of critical information infrastructure of the Russian Federation. *IT Security* (*Russia*), 30 (3), 126–148. DOI: 10.26583/bit.2023.3.09

2. Ismagilov I.I., Seliverstova N.S. (2025) Institutional environment development of the Russian electronics industry. *Economic security*, 8 (12), 3761–3780. DOI: 10.18334/ecsec.8.12.124364

3. Natalichev R.V., Gorbatov V.S., Gavdan G.P., Durakovskiy A.P. (2021) Evolution and paradoxes of the regulatory framework for ensuring the security of critical information infrastructure facilities. *IT Security* (*Russia*), 28 (3), 6–27. DOI: 10.26583/bit.2021.3.01

4. Rudenko M.N., Sunyaeva D.A. (2026) Rezil'entnost' promyshlennoi ekosistemy atomnoi otrasli [Resilience of the nuclear industry's industrial ecosystem] (in print). *Fundamental Research*, 10, 68–76.

5. Gawer A. (2014) Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework. *Research Policy*, 43 (7), 1239–1249. DOI: 10.1016/j.respol.2014.03.006

6. Boudreau K. (2010) Open Platform Strategies and Innovation: Granting Access vs. Devolving Control. *Management Science*, 56 (10), 1849–1872. DOI: 10.1287/mnsc.1100.1215

7. Parker G., Van Alstyne M. (2018) Innovation, Openness, and Platform Control. *Management Science*, 64 (7), 3015–3032. DOI: 10.1287/mnsc.2017.2757

8. Kretschmer T., Leiponen A., Schilling M., Vasudeva G. (2022) Platform ecosystems as meta-organizations: Implications for platform strategies. *Strategic Management Journal*, 43 (3), 405–424. DOI: 10.1002/smj.3250

9. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. (2018) Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 39 (8), 2255–2276. DOI: 10.1002/smj.2904

10. Holling C.S. (1996) Engineering resilience versus ecological resilience. In: *Engineering within ecological constraints* (ed. P.C. Schulze). Washington, DC: National Academy Press, 31–44. DOI: 10.17226/4919

11. Walker B., Holling C.S., Carpenter S.R., Kinzig A. (2004) Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9 (2), art. no. 5. DOI: 10.5751/ES-00650-090205

12. Folke C., Carpenter S.R., Walker B., Scheffer M., Chapin T., Rockström J. (2010) Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, 15 (4), art. no. 20. DOI: 10.5751/ES-03610-150420

13. Sheffi Y., Rice J.B. Jr. (2005) A supply chain view of the resilient enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47 (1), 41–48.

14. Ivanov D., Dolgui A. (2020) Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. *International Journal of Production Research*, 58 (10), 2904–2915. DOI: 10.1080/00207543.2020.1750727

15. Babkin A.V., Merzlikina G.S. (2025) Sustainable development of economic systems: Essential content and evaluation criteria. *Economics and Management*, 31 (7), 834–853. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-7-834-853

16. Kleiner G.B. (2015) System resource of economic strategic stability. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 4 (223), 10–24. DOI: 10.5862/JE.223.1

17. Edler J., Blind K., Kroll H., Schubert T. (2023) Technology sovereignty as an emerging frame for innovation policy. Defining rationales, ends and means. *Research Policy*, 52 (6), art. no. 104765. DOI: 10.1016/j.respol.2023.104765

18. 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. DOI: 10.5922/2079-8555-2024-3-6

19. Bezrukov A.O., Baydarov D.Yu., Faikov D.Yu. (2024) State Technological Leadership: Conceptual Understanding and Formation Mechanisms. *Economic Revival of Russia*, 1 (79), 75–89. DOI: 10.37930/1990-9780-2024-1-79-75-89

20. Baydarov D.Y., Faykov D.Y. (2023) Developing mechanisms to ensure technological sovereignty of state corporations. *Economic security*, 6 (4), 1335–1358. DOI: 10.18334/ecsec.6.4.119296

21. Krivoshein B.N., Pokrovsky I.A. (2023) Concepts and criteria for assessing the technological independence and security of critical information infrastructure facilities. *IT Security* (*Russia*), 30 (4), 39–60. DOI: 10.26583/bit.2023.4.02

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

23. Rudenko M.N. (2022) The Phenomenon of Risk in the Conditions of Digital Transformation of Socio-Economic Ecosystems. *Russian Journal of Management*, 10 (3), 6–10. DOI: 10.29039/2409-6024-2022-10-3-6-10

24. Rudenko M.N. (2020) Diagnostics of socio-economic regional security. *Economic security*, 3 (3), 323–334. DOI: 10.18334/ecsec.3.3.110744

25. Dolganova Y.A., Rudenko M.N. (2021) *Improving the methods of assessing and forecasting the economic security of the region*. Moscow: Pervoe ekonomicheskoe izdatel'stvo. DOI: 10.18334/9785912924101

26. Williamson O.E. (1991) Comparative Economic Organization: The Analysis of Discrete Structural Alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 36 (2), 269–296. DOI: 10.2307/2393356

27. Kucherenko A.I. (2025) Conceptual aspects of evaluating the effectiveness of national projects in the context of achieving technological leadership. *Upravlencheskii uchet* [*Management accounting*], 2, 109–118. DOI: 10.25806/uu-5051

28. Babkin A.V., Mikhailov P.A., Shkarupeta E.V., Chen Leifei (2025) A toolkit for assessing the digital maturity of an intelligent industrial ecosystem based on coevolution and ecosystem synergy. *π-Economy*, 18 (4), 32–53. DOI: 10.18721/JE.18402

29. Gareev T.R. (2023) Technological sovereignty: From conceptual contradiction to practical implementation. *Terra Economicus*, 21 (4), 38–54. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-4-38-54

30. Vial G. (2019) Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28 (2), 118–144. DOI: 10.1016/j.jsis.2019.01.003

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**СЮНЯЕВА Диана Анатольевна**
E-mail: DASyunyaeva@yandex.ru
**Diana A. SUNYAEVA**
E-mail: DASyunyaeva@yandex.ru

**РУДЕНКО Марина Николаевна**
E-mail: m.ru.ko@mail.ru
**Marina N. RUDENKO**
E-mail: m.ru.ko@mail.ru

*Поступила: 13.09.2026; Одобрена: 22.10.2026; Принята: 22.10.2026.*
*Submitted: 13.09.2026; Approved: 22.10.2026; Accepted: 22.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 80–95.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 80–95.

# Региональные экономические системы в условиях резильентности
# Regional Economic Systems in Resilient Conditions

Научная статья
УДК 332
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19505
EDN: https://elibrary/FOLQWQ

## РЕЗИЛЬЕНТНОСТЬ КАК НАПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**С.В. Журавлева** ✉ , **О.С. Сухадольская**

НИИ «Центр экологической промышленной политики»,
Москва, Российская Федерация

✉ zhuravleva_sveta@rambler.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается резильентность как одно из направлений социально-экономического развития региональных экономических систем на примере Нижегородской, Самарской и Саратовской областей. Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска механизмов, позволяющих территориям противостоять санкционному давлению, дефициту кадров, износу инфраструктуры, накопленному экологическому ущербу и другим внешним и внутренним вызовам. Цель работы – выявить нормативно-правовые и управленческие инструменты обеспечения резильентности индустриальных регионов Поволжья. Методологическую основу составляют системный, сравнительный и институциональный анализы, а также обобщение официальной статистики Росстата, региональных стратегий, законов и паспортов инновационных площадок. Сопоставляются промышленные, кадровые и экологические вызовы, а также практики адаптации трех регионов. Установлено, что общие стрессы – санкции, разрыв логистических цепочек, нехватка специалистов, загрязнение окружающей среды – приводят к разным управленческим решениям. Нижегородская область демонстрирует трансформативный тип резильентности, связанный со структурной перестройкой, созданием ОЭЗ «Кулибин», экотехнопарка в Дзержинске и реализацией программы «Дзержинск-100». Самарская область тяготеет к адаптивному типу, опираясь на цифровизацию, промышленный интернет вещей, экотехнопарк в Тольятти и карбоновый полигон «Агро Инженерия». Саратовская область использует кластерную адаптацию и межрегиональную кооперацию, развивая нефтегазовый кластер и импортозамещение электронных компонентов. Особое внимание уделено экологическим законам и стратегиям до 2030, 2035 и 2036 гг. Показано, что налоговые льготы и преференции инвесторам увязываются с сокращением углеродного следа, переработкой отходов и снижением выбросов. В результате сделан вывод о том, что резильентность региональных экономических систем напрямую зависит от гибкости нормативной базы, скорости запуска новых производственных и экологических объектов, а также способности властей сочетать промышленный рост с минимизацией экологической нагрузки. Наиболее устойчивые модели предполагают трансформацию структуры, технологическую адаптацию и межрегиональную кооперацию. Их внедрение способствует восстановлению обрабатывающих производств, стабилизации рынка труда и снижению уязвимости территорий в будущем.

**Ключевые слова:** резильентность, региональная резильентность, регион, региональная экономика, регионы Поволжья, устойчивое развитие, нормативно-правовое регулирование, стратегия

© Журавлева С.В., Сухадольская О.С., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**Для цитирования:** Журавлева С.В., Сухадольская О.С. (2026) Резильентность как направление социально-экономического развития региональных экономических систем. π-Economy, 19 (5), 80–95. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19505

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19505

# RESILIENCE AS A DIRECTION OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF REGIONAL ECONOMIC SYSTEMS

**S.V. Zhuravleva** ✉, **O.S. Sukhadolskaya**

"Environmental Industrial Policy Center" Research Institute,
Moscow, Russian Federation

✉ zhuravleva_sveta@rambler.ru

**Abstract.** This article examines resilience as a dimension of the socio-economic development of regional economic systems, using the Nizhny Novgorod, Samara, and Saratov regions as case studies. The study is driven by the need to identify mechanisms enabling territories to withstand sanctions pressure, labor shortages, infrastructure deterioration, accumulated environmental damage, and other external and internal challenges. The aim of the work is to identify the regulatory and managerial tools for ensuring the resilience of industrial regions in the Volga area. The methodological framework comprises systems, comparative, and institutional analyses, alongside a synthesis of official Rosstat statistics, regional strategies, legislation, and profiles of innovation sites. The authors compare the industrial, workforce, and environmental challenges faced by the three regions, as well as their respective adaptation practices. It is established that common stressors – such as sanctions, disrupted supply chains, specialist shortages, and environmental pollution – lead to distinct management decisions. The Nizhny Novgorod region demonstrates a transformative type of resilience linked to structural restructuring, the establishment of the Kulibin Special Economic Zone and an eco-industrial park in Dzerzhinsk, and the implementation of the "Dzerzhinsk-100" program. The Samara region leans toward an adaptive model, relying on digitalization, the industrial internet of things, an eco-technopark in Tolyatti, and the Agro-Engineering carbon testing ground. The Saratov region employs cluster-based adaptation and interregional cooperation, developing its oil and gas cluster and focusing on the import substitution of electronic components. Particular attention is paid to environmental laws and strategies extending to 2030, 2035, and 2036. It is shown that tax incentives and preferences for investors are linked to carbon footprint reduction, waste recycling, and lower emissions. The authors conclude that the resilience of regional economic systems depends directly on the flexibility of the regulatory framework, the speed at which new industrial and environmental facilities are launched, and the authorities' ability to balance industrial growth with the minimization of environmental impact. The most sustainable models entail structural transformation, technological adaptation, and interregional cooperation. Their implementation fosters the recovery of the manufacturing sector, stabilizes the labor market, and reduces the future vulnerability of these territories.

**Keywords:** resilience, regional resilience, region, regional economy, Volga regions, sustainable development, legal and regulatory framework, strategy

**Citation:** Zhuravleva S.V., Sukhadolskaya O.S. (2026) Resilience as a direction of socio-economic development of regional economic systems. π-Economy, 19 (5), 80–95. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19505

## Введение

### *Актуальность исследования*

В течение последних лет в отечественной и зарубежной науке значительно возрос интерес к изучению динамических способностей территорий отвечать на внешние угрозы.

© Zhuravleva S.V., Sukhadolskaya O.S., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Резильентность применительно к региону – это способность территории выдерживать вызовы, быстро адаптироваться к ним и перестраивать свою хозяйственную структуру, чтобы снизить свою уязвимость в будущем.

В зарубежной науке теория региональной резильентности сформировалась в 2008 г. под влиянием мирового финансового кризиса. Основоположники этого направления заложили базу для анализа того, как города и регионы реагируют на вызовы. В российской экономической науке данное направление стало активно развиваться только с 2020 г., что было простимулировано вызовами пандемии COVID-19. До этого времени статьи и монографии были посвящены вопросам резильентности в основном только природных экосистем. Как отмечает О.А. Чернова [1], на сегодняшний день число публикаций отечественных ученых по проблемам региональной резильентности постоянно растет. При этом появляется необходимость структурирования данных и определения того, в какой мере формирующиеся в России тренды резильентности соответствуют общемировым тенденциям. Российский опыт во многом опирается на необходимость идентификации факторов, которые обеспечивают выживаемость региональных производств в условиях неопределенности.

Значительная разница в уровне развития российских территорий позволяет детально проверить теоретические подходы к обеспечению их резильентности. В данной статье этот процесс рассмотрен на примере крупнейших региональных экономических систем Поволжья. Исследуемые индустриальные субъекты имеют схожие стартовые условия, но выбирают принципиально разные нормативные и управленческие инструменты. Прямое сравнение их опыта помогает определить наиболее устойчивые модели для долгосрочного социально-экономического развития регионов в условиях внешних и внутренних вызовов.

***Литературный обзор***

Корни теоретических исследований резильентности уходят в 2008 г., когда глобальный финансовый кризис подтолкнул мировую науку к формированию этого направления. Р. Мартин, Р. Хассинк и Р. Бошма, стоявшие у истоков эволюционного подхода в пространственной экономики на Западе, заложили основу для понимания того, как локальные рынки реагируют на внешние и внутренние вызовы [2]. Они выполнили оценку топологических свойств систем и способность территорий перестраивать внутренние ресурсы в периоды спада. Р. Тинч в своей работе подробно разбирал соотношение резильентности с упругостью, прочностью и стойкостью [3], и это определило дальнейший вектор поиска факторов динамической устойчивости. Нынешние зарубежные исследователи П. Каподистриас и др. [4], Х. Ху, Х. Тан и Ч. Йе [5] сосредоточились на эмпирическом анализе конкретных городских агломераций, изучая особенности их развития в условиях неопределенности.

В отечественной экономической науке активный рост публикаций по данной теме начался с 2020 г. Одной из базовых работ по адаптации западной теории к российским условиям стала статья В.В. Климанова, С.М. Казаковой и А.А. Михайловой, опубликованная в 2018 г. [6]. Авторы систематизировали подходы к определению понятия и выделили ключевые факторы устойчивости экономик: диверсификацию, инновации, инфраструктуру, кадры и особенности государственной политики.

Значительный вклад в развитие концепции вносят уральские ученые В.В. Акбердина, Ю.Г. Лаврикова и А.В. Суворова [7], исследующие резильентность как основу устойчивости крупных индустриальных центров. В.В. Акбердина классифицирует факторы резильентности на «врожденные» (здесь проявляется генетическая связь экономических исследований с более ранними работами по психологической и биологической резильентностях) и приобретенные, оценивая способность промышленного сектора противостоять внешнему давлению. Динамические свойства экономической устойчивости и способность производственных систем адаптироваться к долгосрочным вызовам детально обоснованы в работе О.А. Романовой, Д.В. Сиротина и А.О. Пономаревой [8].

Вопросы экологической устойчивости и перехода к циклической экономике (экономике замкнутого цикла) как важнейшей части развития территорий подробно отражены в труде А.В. Абрамовой, А.А. Аверченкова, С.Н. Бобылев и др.[1] В свою очередь, О.В. Кузнецова исследует уязвимость отраслевой структуры регионов России и определяет нормативные инструменты, которые необходимы государству для поддержки локальных рынков в периоды экономических изменений [9].

Механизмы государственного управления и нормативного регулирования, обеспечивающие выживаемость локальных рынков в условиях нестабильности, подробно проанализированы в труде И.Е. Рисина и Е.Н. Мельник[2]. Оценка отраслевой устойчивости регионов представлена в исследовании Л.А. Гамидуллаевой [10]. И. Тихонова и др. [11] обосновывают необходимость перехода промышленных центров к наилучшим доступным технологиям, что закладывает базу для эколого-технологической резильентности территорий за счет повышения ресурсной и экологической эффективности производств и формирования связей, характерных для экономики замкнутого цикла.

Вопросы классификации и создания аналитического инструментария для оценки резильентности на Дальнем Востоке отражены в исследовании Н.Ю. Титовой [12]. Практические аспекты сопротивляемости субъектов Российской Федерации в условиях санкционного давления с использованием экономических моделей А. Лаффера были предложены М.А. Комбаровым [13]. Особенности устойчивости отдельных промышленных и аграрных рынков в современной России также нашли отражение в публикации Т.Ю. Алтуфьевой [14]. Методику оценки стресса реального сектора под влиянием внешних и внутренних вызовов предлагает М.Ю. Малкина [15]. Факторы социально-политической и экономической стрессоустойчивости регионов в периоды кризисов изучены в работе Е.В. Матвеевой [16]. Вопросы системной устойчивости обрабатывающей промышленности крупных индустриальных центров нашли отражение в исследовании М.А. Николаева, М.Ю. Махотаевой [17].

Для проведения глубокого сравнительного анализа территорий важное значение имеет методология А.А. Шабуновой и М.А. Груздевой [18, 19]. Авторы предлагают оценивать устойчивость регионов комплексно, используя четыре взаимосвязанные группы показателей: экономические, социальные, экологические и социокультурные. Данная четырехаспектная структура позволяет уйти от исключительно монетарных оценок и увидеть скрытые уязвимости системы.

Влияние внутренних и внешних вызовов последних лет на финансовую и производственную сферы регионов подробно анализируется в работе В.А. Балабановой [20].

В контексте противопоставления резильентности и уязвимости особое место занимает исследование Ю.М. Пасовец [21]. Автор предлагает трактовать социально-экономическую уязвимость как состояние регионального сообщества, концентрирующее в себе проблемы объективно-субъективной природы, которые ослабляют возможности его продуктивного развития.

Несмотря на обилие теоретических подходов, в отечественной науке до сих пор слабо изучены механизмы одновременного проявления резильентности и уязвимости внутри конкретных пространственных систем Поволжья в разрезе промышленного и экологического регулирования. Настоящая статья призвана частично восполнить этот пробел на примере Нижегородской, Самарской и Саратовской областей.

Указанные регионы имеют ряд общих факторов, но при этом характеризуются различными уровнями социально-экономического развития. Главным объединяющим фактором выступает исторически сложившаяся индустриальная специализация. Все три региона сформировались в советский период как крупные промышленные центры, что предопределило высокую долю

[1] Абрамова А.В., Аверченков А.А., Бобылев С.Н. [и др.] (2015) *Устойчивое развитие: новые вызовы* (под ред. В.И. Данилова-Данильяна, Н.А. Пискуловой), учебник для вузов, М.: Аспект Пресс, 2015.

[2] Рисин И.Е., Мельник Е.Н. (2019) *Стратегическое планирование социально-экономического развития субъектов Российской Федерации*, учебное пособие, М.: Русайнс.

обрабатывающих производств в структуре валового регионального продукта (ВРП). Вторым важным объединяющим признаком выступает схожая траектория постсоветского развития, для которой типичными являются общая проблема монопрофильных территорий и необходимость рекультивации объектов накопленного экологического вреда. Третий фактор общности – транспортно-географическое положение в бассейне реки Волги. Имея схожие стартовые условия и мощное промышленное ядро, данные регионы используют разные управленческие и нормативные инструменты для адаптации и восстановления после полученных вызовов.

**Цель исследования** – выявить нормативно-правовые и управленческие инструменты обеспечения резильентности как направления социально-экономического развития региональных экономических систем на примере Нижегородской, Самарской и Саратовской областей.

**Объект исследования** – индустриальные региональные экономические системы Поволжья на примере Нижегородской, Самарской и Саратовской областей.

**Предмет исследования** – нормативные и управленческие инструменты, которые обеспечивают стрессоустойчивость, адаптацию и восстановление регионов.

**Задачи исследования**:

- изучить теоретические основы эволюционного и системного подходов к определению понятия резильентности региона в зарубежной и отечественной экономической науке;
- выявить и сгруппировать ключевые промышленные, кадровые и экологические вызовы, создающие риски для стабильного социально-экономического развития регионов Поволжья;
- провести прямое сравнительное сопоставление нормативных инструментов и практических мер, принимаемых властями Нижегородской, Самарской и Саратовской областей в ответ на данные вызовы;
- оценить влияние новых регуляторных документов и инновационных площадок на темпы восстановления промышленного производства и рынка труда;
- на основе проведенного сопоставления определить наиболее устойчивые экономические модели регионального развития для ускорения социально-экономического роста территорий Поволжья.

**Методы и материалы**

Информационной базой исследования послужили открытые официальные статистические данные территориальных органов Росстата по Нижегородской, Самарской и Саратовской областям. Также использованы действующие региональные нормативно-правовые акты, правительственные программы и стратегии социально-экономического развития регионов Поволжья.

Для проведения социально-экономического анализа исследуемых региональных экономических систем сформирован комплекс показателей, разделенный на три основных блока:

- производственные показатели: объемы отгруженной продукции (в абсолютном выражении в рублях), индексы промышленного производства по обрабатывающим отраслям (металлообработка, химия, электроника), а также уровень выработки на одного сотрудника;
- экологические показатели: валовые объемы вредных выбросов в атмосферу от стационарных источников (в тыс. тонн в год), доля неочищенных сточных вод в общем объеме сброса, а также мощности объектов по обработке и утилизации твердых коммунальных и промышленных отходов;
- институциональные материалы в виде действующих нормативных правовых актов регионов, законы об экологической безопасности, долгосрочные региональные стратегии развития до 2030, 2035 и 2036 гг., а также паспорта инновационных площадок (особых экономических зон (ОЭЗ) и экотехнопарков).

В качестве основных методов исследования в работе использованы системный, сравнительный и институциональный анализы социально-экономических процессов.

Последовательность действий и этапы проведения исследования включали:

1) сбор и систематизацию данных – проводилась выгрузка статистических показателей Росстата и текстов региональных законов, принятых властями трех областей;

2) группировку вызовов – на основе собранной информации выявлялись и объединялись в группы главные внешние угрозы в сфере занятости, промышленного спада и загрязнения окружающей среды;

3) прямое сопоставление – проводился сравнительный анализ того, как именно управленческие и нормативные инструменты каждого региона влияют на скорость восстановления производства;

4) разработку выводов – на основе сравнения определялись наиболее устойчивые экономические модели, позволяющие снизить уязвимость региональных систем в будущем.

**Результаты и обсуждение**

В настоящее время учеными выделено четыре типа резильентности, которые отличаются глубиной структурных изменений, необходимых региону для реагирования на внутренние и внешние вызовы:

1) инженерная резильентность – способность системы вернуться к прежнему состоянию равновесия после шока без структурных изменений;

2) экологическая резильентность – способность системы выдерживать шок и переходить в новое состояние равновесия, но в рамках существующей структуры;

3) адаптивная (эволюционная) резильентность – способность системы непрерывно адаптироваться, частично перестраивая свою структуру и создавая новые траектории роста;

4) трансформативная резильентность – наиболее глубокая форма, предполагающая полную перестройку структуры и функций системы, смену ее специализации [2].

Для определения того, как резильентность влияет на социально-экономическое развитие, проведено сравнение промышленных и экологических вызовов трех региональных экономических систем Поволжья.

***Нижегородская область***

Дефицит кадров и износ оборудования оказались главными вызовами для промышленности Нижегородской области, крупного индустриального региона Поволжья. Экологическая обстановка усугублялась значительным негативным воздействием на окружающую среду и накоплением производственных отходов. Эти проблемы обусловили необходимость перестройки экологической и промышленной политик. Отсюда следует вывод о трансформативном типе резильентности.

Приспосабливаясь к новым условиям, промышленность региона сделала ставку на автоматизацию процессов в рамках Национального проекта «Производительность труда». В результате предприятия подняли выработку на 58%. Благодаря этому дефицит кадров удалось компенсировать без остановки производств. За десять месяцев объем отгруженной продукции вырос на 4,5% и достиг 1,97 трлн руб.

Главным практическим примером восстановления и перестройки структуры хозяйства стал город Дзержинск. Здесь на базе бывшего химического предприятия «Заря» создается современный экотехнопарк. Суть этого объекта заключается в том, что его резиденты будут перерабатывать сложные отходы (старые шины, полимеры и стекло) и превращать их во вторичное сырье для новых производств. Также в области рекультивировали семь крупных нелегальных свалок и расчистили 37,3 км малых рек.

Принят Закон Нижегородской области от 23 июня 2026 года № 93-З, который внес ряд изменений в Закон Нижегородской области «Об экологической безопасности»[3]. С марта 2026 г. в области ужесточили нормативные требования. Теперь коммунальные структуры обязаны снижать вредные выбросы на 15%, а промышленные заводы – на 20%, особенно в периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ).

Долгосрочные ориентиры социально-экономического развития закрепили в Стратегии-2035[4]. В этот документ включили цели по переходу к экономике замкнутого цикла, а инвестиционный портфель региона пополнился привлеченными в рамках национальных проектов средствами.

Важной частью пространственного планирования стала государственная программа «Дзержинск-100»[5]. Импульсом к формированию этой программы послужили детальный анализ состояния всей городской инфраструктуры и выявление критического объема накопленного экологического вреда в главном химическом центре региона. В рамках программы разработали комплексную дорожную карту, нацеленную на превращение Дзержинска в сбалансированный промышленно-логистический центр. Благодаря программе в обрабатывающий сектор пришли новые инвестиции, ускорился снос аварийного жилья, а для устранения кадрового дефицита запустили сквозную систему профориентации. Все это снизило уязвимость муниципальной экономики перед внешними и внутренними вызовами. Решение дало ощутимый социально-экономический эффект.

В рамках комплексного оздоровления Дзержинска ключевые экономические индикаторы города демонстрируют устойчивый рост. Как видно из табл. 1, запуск долгосрочных инвестиционных и экологических программ позволил не просто преодолеть спад, но и заложить базу для кратного роста.

**Таблица 1. Динамика основных показателей социально-экономического развития и прогнозируемые результаты оздоровления городского округа Дзержинск[6]**
**Table 1. Trends in key socio-economic development indicators and projected results of the financial recovery of the Dzerzhinsk Urban District[7]**

| Наименование показателя | 2020 г. | 2021 г. | 2030 г. (прогноз) |
|---|---|---|---|
| **Объем отгруженной продукции, работ, услуг** по полному кругу организаций, млрд руб. | 133,3 | 151,5 | **359,7** |
| **Прибыль прибыльных предприятий**, млрд руб. | 13,1 | 19,0 | **33,0** |
| **Объем инвестиций** по полному кругу организаций, млрд руб. | 9,2 | 13,9 | **146,2** |
| **Занято в экономике**, тыс. чел. | 100,6 | 100,5 | **110,2** |

Источник: разработано авторами.

Решение о ликвидации накопленного экологического вреда и модернизации городской инфраструктуры Дзержинска коренным образом изменило социально-экономическое развитие муниципального образования. Объем инвестиций вырос с 9,2 млрд руб. в 2020 г. до 13,9 млрд руб.

[3] Консорциум «Кодекс». Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (2026) *Закон Нижегородской области от 23 июня 2026 года № 93-З: О внесении изменений в статьи 17.1 и 19 Закона Нижегородской области* «*Об экологической безопасности*». [online] Available at: https://docs.cntd.ru/document/408356228 [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[4] *Правительство Нижегородской области. Постановление от 21 декабря 2018 г. № 889: Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Нижегородской области до 2035 года*. [online] Available at: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&infostr=xO7q8+zl7fIg7vLu4fDg5uDl8vH/IO3lIOIg7+7x6+Xk7eXpIPDl5ODq9ujo&backlink=1&nd=152153614&page=1&rdk=0#I0 [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[5] *Дзержинск-100: город возможностей*. [online] Available at: https://адмдзержинск.рф/documents/Документы%20раздел%20Дзержинск/3.Программа%20100%20-%202022г..pdf [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[6] Там же.

[7] Ibid.

в 2021 г., а к 2030 г. по прогнозу увеличится более чем в 15 раз – до 146,2 млрд руб. Такой приток капитала обеспечит трехкратный рост объема отгруженной продукции (до 359,7 млрд руб.) и увеличение прибыли предприятий до 33 млрд руб. Рост инвестиций положительно повлияет на рынок труда: за счет создания рабочих мест в экотехнопарке и на обновленных заводах число занятых в экономике города к 2030 г. возрастет с 100,5 тыс. до 110,2 тыс. чел.

Важной особенностью этой модели является то, что экономическое оздоровление Дзержинска напрямую увязано с развитием его социальной сферы. Направленные в городские проекты средства обеспечили масштабную перестройку культурно-досуговой инфраструктуры. Динамика развития социокультурного кластера приведена в табл. 2.

**Таблица 2. Динамика развития отраслей социокультурного кластера городского округа Дзержинск в рамках программ долгосрочного восстановления**
**Table 2. Development dynamics of the sociocultural cluster sectors in the Dzerzhinsk Urban District within the framework of long-term recovery programs**

| Отрасль социальной сферы | Текущее состояние / Исходная проблема | Целевое состояние к 2030 г. (результат оздоровления) |
|---|---|---|
| Культура и театральное искусство | Ограниченные возможности старых площадок, потребность в обновлении репертуара и залов | • Модернизация Дзержинского театра драмы для проведения масштабных спектаклей и концертов.<br>• Развитие Дзержинского театра кукол как современного детского театра. |
| Детское творчество и досуг | Недостаток специализированных студий звукозаписи и современных творческих пространств | • Превращение Дворца культуры им. Я.М. Свердлова в крупный детский творческий центр.<br>• Трансформация Дворца культуры химиков в центральный культурный комплекс (киностудия, фотостудия, студия звукозаписи, театральная студия). |
| Музыкальное образование и просвещение | Дефицит концертных залов для классической музыки и специализированных туристических площадок | • Модернизация Центральной детской музыкальной школы им. А.Н. Скрябина с открытием нового концертного зала классической музыки.<br>• Развитие музыкального туризма на базе Шуховской башни как уникального места отдыха. |
| Развитие общественных пространств и экологический туризм | Заброшенные или слабо благоустроенные городские природные территории | • Реновация парка «Утиное озеро» в фестивальную площадку для ремесел, концертов и кинотеатра под открытым небом.<br>• Благоустройство территории озера Святое для проведения музыкально-драматических инсталляций. |
| Социальная поддержка и инклюзивное развитие | Потребность в расширении культурных программ для старшего поколения и лиц с ограничениями здоровья | • Модернизация кинотеатра «Спутник» в многофункциональный кино-выставочный комплекс.<br>• Организация в детском парке «Радуга» регулярных культурно-просветительских мероприятий для детей, пожилых людей и граждан с ограниченными возможностями. |

Источник: разработано авторами.

Дворец культуры химиков и Дворец культуры им. Я.М. Свердлова перестают быть просто памятниками прошлого – в их стенах теперь работают студии звукозаписи и кинопроизводства

для детского творчества. Похожие перемены затронули и Дзержинский театр драмы с Дзержинским театром кукол: их модернизация делает искусство доступнее для зрителя.

Еще одна важная черта перемен – власти региона объединили охрану природных комплексов, развитие туризма и культурных объектов в единый проект. Они благоустроили парк «Утиное озеро», привели в порядок озеро Святое и включили в туристические маршруты Шуховскую башню, объект наследия ЮНЕСКО, тем самым создав новые точки притяжения. Так, старая промышленная зона последовательно превращается в комфортную среду, а социокультурный кластер решает и кадровую проблему. Специалисты остаются в регионе, и региональная экономика становится более жизнестойкой перед будущими вызовами[8].

В мае 2020 г. остро встал вопрос модернизации химической промышленности и фармацевтики – требовались готовая инженерная инфраструктура и выгодный транспортный коридор. Ответом на эту необходимость стало создание ОЭЗ «Кулибин», которая и сегодня остается флагманом структурных изменений в регионе. Налог на прибыль снизили с 25 до 2% на первые пять лет, обнулили имущественные налоги – и площадка привлекла 38 крупных резидентов с суммарной стоимостью проектов свыше 69 млрд руб. Площадь ОЭЗ «Кулибин» с момента основания выросла более чем в 11 раз, достигнув 842 га в 2025–2026 гг.: механизм привлечения миллиардных инвестиций и создания высокотехнологичных производств оказался эффективным. ОЭЗ «Кулибин» первой в России утвердила собственную стратегию низкоуглеродного развития. Взамен налоговых льгот инвесторы обязаны использовать чистую энергию и сокращать углеродный след промышленных производств[9]. Данные изменения оказали положительное влияние на социально-экономическое развитие.

***Самарская область***

Самарскую область отличает развитая промышленная база, объединяющая крупные автомобильные, авиакосмические и нефтехимические предприятия. Региональная экономика при этом сталкивается с рядом трудностей. Сбои в логистике тормозят производственные цепочки, специалистов не хватает, а Волжский бассейн страдает от промышленного загрязнения.

Самарская область демонстрирует адаптивный тип резильентности. Регион успешно использует цифровые решения и новые технологии переработки, чтобы приспособиться к изменениям.

Промышленные предприятия начали массово внедрять предиктивную аналитику и технологии промышленного интернета вещей, что, в свою очередь, помогло автоматизировать рабочие места в условиях дефицита кадров. В результате индекс промышленного производства в химической сфере по итогам года удержался на отметке 105,6%.

В промышленно-экологической сфере ключевым практическим решением стал запуск в Тольятти первого крупного экотехнопарка. Его мощность составляет 300 тыс. тонн коммунальных отходов в год. На территории экотехнопарка осуществляются сортировка и переработка городских отходов, при этом полезные материалы возвращаются в производство посредством рециклинга. Для восстановления земель власти полностью рекультивировали Жигулевскую свалку в национальном парке «Самарская Лука». В 2026 г. выделили более 39 млн руб. на ликвидацию еще 18 незаконных свалок.

Внесены изменения в нормативные правовые акты, которые обязывают промышленные предприятия снижать выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в периоды неблагоприятных метеоусловий[10]. Порядок информирования заводов теперь определяет правительство региона. Все цели экологического благополучия и технологического лидерства зафиксировали в

[8] Там же.

[9] *Кулибин: Особая экономическая зона*. [online] Available at: https://sezkulibin.ru/ [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[10] Консорциум «Кодекс». Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (2026) *Закон Самарской области от 16 февраля 2026 г. N 20-ГД: О внесении изменений в статью 4 Закона Самарской области «Об охране окружающей среды и природопользовании в Самарской области»*. [online] Available at: https://docs.cntd.ru/document/408184671 [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

Стратегии-2036. Ее реализация разбита на два этапа: укрепление преимуществ (2026–2030 гг.) и выход на новый уровень устойчивости (2031–2036 гг.).

Главным научным и практическим примером резильентности в Самарской области стал первый в России аграрный карбоновый полигон «Агро Инженерия»[11]. Этот полигон создали для оценки и возможного сокращения выбросов парниковых газов крупных фермерских хозяйств. Социально-экономический эффект этого решения для региона проявился в формировании принципиально новой научно-производственной базы местного агропромышленного комплекса. На этой площадке совместно с учеными Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева внедряются методы сберегающего земледелия. Они необходимы для точного измерения показателей выбросов и поглощений углекислого газа. Благодаря работе полигона самарские аграрии получили готовые технологии, которые позволяют снизить издержки на покупку дорогостоящих удобрений и защитить почву от истощения.

Одновременно важные процессы идут в ОЭЗ «Тольятти». Причиной ее создания стала необходимость преодоления монопрофильной зависимости Тольятти от АвтоВАЗа и создания новых рабочих мест, не связанных с автомобилестроением. Это решение кардинально улучшило социально-экономическое развитие региона. Власти предоставили инвесторам значительные налоговые льготы, за счет чего ОЭЗ «Тольятти» привлекла десятки крупных производств из сферы химической и фармацевтической промышленности. На базе этой инфраструктуры начали создавать пилотный кластер электроэнергоэффективных решений. Его запуск позволил местным заводам резко снизить затраты на покупку электричества, повысил надежность энергоснабжения крупных цехов и обеспечил региону приток миллиардных инвестиций. Это существенно повысило устойчивость региональной экономической системы перед внешними и внутренними вызовами.

***Саратовская область***

Саратовская область – это крупный промышленный и аграрный регион Поволжья. Главные вызовы для него заключаются в санкционном давлении, высоком износе коммунальной инфраструктуры, дефиците кадров и критическом загрязнении воздуха формальдегидом и гидроксибензолом.

Саратовская область нашла решение в виде кластерной модели адаптации [22]. Причиной такого перехода стала острая необходимость объединить ресурсы местных заводов в условиях санкционного давления и необходимости закупки оборудования.

В декабре 2025 г. создан межрегиональный кластер нефтегазового комплекса, объединивший саратовские предприятия и воронежские заводы. Для отрасли требовались сквозные технологические цепочки, потому что дефицитные узлы нужно было замещать быстро, и именно эта потребность подтолкнула предприятия к объединению.

Это решение положительно сказалось на социально-экономическом развитии региона, поскольку участники кластера заключили новые инвестиционные договоры на сумму свыше 400 млн руб. Местные производители электроники, получив доступ к федеральным субсидиям, за девять месяцев освоили выпуск 60 видов критически важных деталей, которые раньше завозились из-за рубежа. Издержки заводов снизились. Удалось сохранить рабочие места и удержать рост обрабатывающего сектора региона на отметке +2%, чему способствовали финансовые преференции и налоговые льготы.

В сфере решения экологических проблем главной задачей стали ликвидация свалок и защита воздуха. Ранее область возглавляла антирейтинги по загрязнению окружающей среды. Власти обеспечили ликвидацию 35 свалок; в настоящее время идет работа по ликвидации еще 65 объектов в 26 районах. Полностью рекультивирована крупная свалка площадью 16,4 га в промзоне

[11] Карбоновые полигоны Российской Федерации. *Карбоновый полигон Аграрный карбоновый полигон «Агро Инженерия»*. [online] Available at: https://carbon-polygons.ru/polygons/agro-inzheneriya [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

города Энгельса, на месте которой высадили деревья. Крупные объекты размещения отходов в Саратове, Пугачеве и Ершове включили в Федеральный проект «Генеральная уборка». Для защиты Волжского бассейна начались проектирование очистных сооружений ливневого коллектора в Саратове и берегоукрепление Волгоградского водохранилища.

В области регулирования местные власти приняли важные нормативные правовые акты Так, один Закон Саратовской области от 4 марта 2026 г. № 16-ЗСО разрешил вводить жесткие экологические ограничения по характеристикам транспорта на автобусных маршрутах между муниципалитетами[12], а Закон Саратовской области от 24 декабря 2025 г. № 104-ЗСО установил строгие правила по охране природы, запретив уничтожать и собирать редкие растения и грибы, включенные в региональную Красную книгу, тем самым решив задачу негативного воздействия на окружающую среду[13].

Цели социально-экономического развития закрепили в Стратегии-2030. Главная задача – поднять ВРП до 2,4 трлн руб. Согласно программе «Охрана окружающей среды», к 2030 г. доля захоронения отходов на полигонах не должна превышать 77%, а выбросы загрязняющих веществ в воздух планируется сократить на 183,7 тыс. тонн[14].

Отнесение региона к тому или иному типу резильентности осуществляется на основе следующих критериев:

1. Глубина структурных изменений – показывает, насколько глубоко регион перестраивает свою экономическую структуру в ответ на вызов. Инженерная резильентность предполагает отсутствие изменений, экологическая – минимальные изменения в рамках существующей структуры, адаптивная – частичную перестройку, трансформативная – полную смену структуры и функций.

2. Изменение отраслевой специализации – отражает, меняется ли базовый профиль региона. При инженерной и экологической резильентностях специализация сохраняется, при адаптивной – частично меняется за счет новых отраслей, при трансформативной – полностью сменяется.

3. Характер итогового результата – позволяет понять, возвращается ли регион к прежней траектории развития или выходит на принципиально новую. Инженерная резильентность означает возврат к исходному состоянию, экологическая – переход к новому равновесию в рамках старой структуры, адаптивная – выход на новую траекторию через постепенные изменения, трансформативная – смену траектории развития.

4. Опора на внутренние или внешние ресурсы – характеризует источник средств для преодоления вызовов. Инженерная и экологическая резильентности опираются преимущественно на внутренние резервы, адаптивная – на внутренние ресурсы в сочетании с инновациями, трансформативная – на внешние инвестиции и федеральные программы.

5. Скорость реакции на вызовы – отражает временной горизонт ответа. Инженерная резильентность предполагает быструю реакцию, экологическая – среднюю, адаптивная – поэтапную, трансформативная – длительную, с радикальной сменой курса.

Собранный материал позволяет провести прямое сопоставление подходов исследуемых регионов. На основе многоаспектной структуры (промышленность, экологическая ситуация, законы и стратегии) была составлена сравнительная табл. 3.

[12] Гарант.ру (2026) Закон Саратовской области от 4 марта 2026 г. № 16-ЗСО «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Саратовской области». [online] Available at: https://www.garant.ru/hotlaw/saratov/2025918/ [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[13] Консорциум «Кодекс». Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (2026) Закон Саратовской области от 24.12.2025 № 104-ЗСО «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Саратовской области». [online] Available at: https://docs.cntd.ru/document/408116150 [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

[14] Консорциум «Кодекс». Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов (2026) Правительство Саратовской области. Постановление от 30 июня 2016 года N 321-П: Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года и на перспективу до 2036 года (с изменениями на 29 сентября 2026 года). [online] Available at: https://docs.cntd.ru/document/467710021 [Accessed 19.09.2026]. (in Russian)

**Таблица 3. Сравнительная оценка региональной резильентности**
**Table 3. Comparative assessment of regional resilience**

| Направление анализа | Нижегородская область | Самарская область | Саратовская область |
|---|---|---|---|
| Тип резильентности | Трансформативный (структурная перестройка) | Адаптивный (цифровизация и гибкость) | Адаптивный (с элементами сопротивляемости) |
| Решения в промышленности | Прямая поддержка на 4 млрд руб., автоматизация по нацпроекту «Производительность труда» | Внедрение промышленного интернета вещей, предиктивной аналитики и роботов на заводах | Межрегиональный кластер нефтегазового комплекса, освоение 60 видов электронных деталей |
| Практические объекты в экологии | Строительство экотехнопарка «Заря» в Дзержинске, рекультивация семи свалок, расчистка 37,3 км малых рек | Запуск Тольяттинского экотехнопарка (300 тыс. тонн отходов в год), рекультивация Жигулевской свалки | Рекультивация свалки в Энгельсе (16,4 га), ликвидация 35 свалок, проектирование очистных сооружений Глебучева оврага |
| Ключевой экологический закон | Закон № 93-З от 23.06.2026 (снижение выбросов заводами на 20% в периоды НМУ) | Закон № 20-ГД от 16.02.2026 (ограничение выбросов в периоды НМУ) | Закон № 16-ЗСО от 04.03.2026 (экологический контроль автобусных маршрутов) |
| Инновационные площадки | ОЭЗ «Кулибин» с низкоуглеродной стратегией | Карбоновый полигон «Агро Инженерия», ОЭЗ «Тольятти», кластер электроэнергоэффективных решений | Межрегиональный кластер нефтегазового оборудования |
| Стратегический документ | Стратегия-2035, программа «Дзержинск-100» | Стратегия-2036 (двухэтапный план экологического благополучия) | Стратегия-2030, программа «Охрана окружающей среды» (снижение выбросов на 183,7 тыс. тонн) |

Источник: разработано авторами.

Классификация регионов по типам резильентности выполнена на основе критериев, упомянутых в научных работах Р. Мартина, Р. Хассинка и Р. Бошмы [2], Р. Тинча [3], а также российских исследователей В.В. Акбердиной, Ю.Г. Лавриковой и А.В. Суворовой [7], О.А. Романовой, Д.В. Сиротина и А.О. Пономаревой [8].

Представленная таблица и проанализированные региональные материалы наглядно показывают, что схожие внешние и внутренние вызовы – санкционное давление, дефицит рабочих кадров и экологические ограничения – приводят к разным управленческим решениям. Разница в инструментах зависит от специализации конкретной региональной экономической системы. Данное сопоставление доказывает, что резильентность регионов Поволжья напрямую связана с гибкостью их нормативной базы и скоростью запуска новых производственных и экологических объектов.

**Заключение**

На основе проведенного исследования траекторий социально-экономического развития Поволжья сформулированы следующие выводы, которые строго соответствуют поставленным в начале статьи задачам:

1. Анализ работ зарубежных и отечественных авторов позволил установить, что резильентность применительно к региону представляет собой способность системы отвечать на внешние и внутренние вызовы, адаптироваться к изменениям и перестраивать свою структуру, что, в свою очередь, позволяет сохранять устойчивые темпы социально-экономического развития. Были

выделены четыре типа резильентности – инженерная, экологическая, адаптивная (эволюционная) и трансформативная – и определены критерии отнесения регионов к каждому из них.

2. Решение второй задачи было связано с выявлением и группировкой ключевых вызовов, создающих риски для стабильного социально-экономического развития регионов Поволжья. Проведенный анализ позволил выделить три группы угроз. Промышленные вызовы включают санкционное давление и разрыв логистических цепочек. Кадровые вызовы связаны с дефицитом сотрудников. Экологические вызовы обусловлены износом коммунальной инфраструктуры, объемами промышленных отходов и загрязнением окружающей среды. Анализ этих проблем показал, что они создают прямые риски снижения объемов производства и ухудшения качества жизни населения, но вовремя принятые решения способны нивелировать их влияние на социально-экономическое развитие региона.

3. Проведение прямого сравнительного сопоставления нормативных инструментов, анализ законов, стратегий и программ Нижегородской, Самарской и Саратовской областей обнаружил существенные различия в механизмах реагирования. Нижегородская область идет по пути принудительной трансформации структуры, Самарская область делает ставку на технологическую адаптацию и автоматизацию, тогда как Саратовская область опирается на межрегиональную кооперацию.

4. Проведена оценка влияния новых регуляторных документов и инновационных площадок на процессы восстановления региональных экономик. Экотехнопарки в Дзержинске и Тольятти, ОЭЗ «Кулибин», карбоновый полигон «Агро Инженерия» – на этих площадках уже осуществлены миллиардные инвестиции, созданы новые рабочие места, появившиеся вопреки кадровому дефициту, и получен рост объемов отгруженной промышленной продукции. Именно на этих примерах в статье строится оценка новых нормативных актов и инновационных площадок, которая подтверждает их ключевую роль в процессах восстановления экономики.

5. На основе проведенного сопоставления выделены две устойчивые экономические модели, которые способны обеспечить успешное развитие территории. Первая модель, реализуемая в Нижегородской и Самарской областях, заключается в предоставлении региональных налоговых льгот инвесторам при условии выполнения ими конкретных обязательств по снижению углеродного следа и реализации проектов по переработке отходов. В итоге в промышленность привлекаются миллиардные инвестиции при одновременном сокращении негативного воздействия на окружающую среду. Вторая модель, рассмотренная на примере Саратовской области, заключается в объединении заводов из разных регионов в единый технологический кластер. Поскольку предприятия действуют скоординированно, они получают возможность совместно производить дефицитные детали и делить расходы на ремонт оборудования.

Устойчивость региональных экономических систем напрямую связана с резильентностью, а ускорение социально-экономического развития зависит от скорости реакции региональных властей и своевременной перестройки нормативной базы.

Результаты исследования могут быть полезны региональным властям при корректировке стратегий развития, федеральным министерствам при формировании промышленной и экологической политики, бизнес-сообществу и инвесторам при оценке устойчивости территорий, научному сообществу для дальнейших исследований, а также образовательным организациям при подготовке специалистов в области региональной экономики и управления.

***Направления дальнейших исследований***

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку количественных критериев оценки резильентности, на мониторинг реализации региональных стратегий, на сравнительный анализ регионов Поволжья и других федеральных округов, на сценарное моделирование влияния внешних шоков, а также на оценку эффективности кластерных и экопромышленных проектов и их связи с качеством жизни населения.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чернова О.А. (2023) Проблемы региональной резильентности в российских исследованиях. *Естественно-гуманитарные исследования*, 1 (45), 277–284.

2. Martin R. (2012) Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. *Journal of Economic Geography*, 12 (1), 1–32. DOI: 10.1093/jeg/lbr019

3. Tinch R. (1998) *Resilience and Resource Management Under Risk*, Norwich: School of Environmental Science.

4. Capodistrias P., Szulecka J., Corciolani M., Strøm-Andersen N. (2022) European food banks and COVID-19: Resilience and innovation in times of crisis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 82, art. no. 101187. DOI: 10.1016/j.seps.2021.101187

5. Hu X., Li L., Dong K. (2022) What matters for regional economic resilience amid COVID-19? Evidence from cities in Northeast China. *Cities*, 120, 103440. DOI: 10.1016/j.cities.2021.103440

6. Климанов В.В., Михайлова А.А., Казакова С.М. (2018) Региональная резильентность: теоретические основы постановки вопроса. *Экономическая политика*, 13 (6), 164–187. DOI: 10.18288/1994-5124-2018-6-164-187

7. Акбердина В.В., Лаврикова Ю.Г., Суворова А.В. (2022) Концепция экономической резильентности как теоретическая основа устойчивости социально-экономических систем. В книге: *Риски и возможности развития регионов России в условиях санкционного давления* (под ред. Ю.Г. Лавриковой), гл. 1.5, Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 56–71.

8. 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. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4

9. Кузнецова О.В. (2015) Экономическое развитие регионов: *Теоретические и практические аспекты государственного регулирования*, М.: ЛЕНАНД, 2015.

10. Гамидуллаева Л.А. (2024) Региональная экономическая устойчивость: библиометрический анализ исследований. *π-Economy*, 17 (1), 70–87. DOI: 10.18721/JE.17105

11. Tikhonova I., Guseva T., Averochkin E., Shchelchkov K. (2021) Best Available Techniques and Best Environmental Management Practices: Collaboration between Industries and Regions. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 8 (2), 495–505.

12. Титова Н.Ю. (2026) Аналитический инструментарий для оценки региональной резильентности. Территория новых возможностей. *Вестник Владивостокского государственного университета*, 18 (1), 29–44. DOI: 10.63973/2949-1258/2026-1/029-044

13. Комбаров М.А. (2025) Резильентность российских регионов к санкционному давлению: о чём свидетельствует теория А. Лаффера? *Российские регионы в фокусе перемен*, 1307–1309.

14. Алтуфьева Т.Ю. (2024) Вовлечение малых технологических компаний в укрепление технологического суверенитета регионов РФ в условиях санкционного давления. *Инновационные технологии управления социально-экономическим развитием регионов России*, 193–201. DOI: 10.31040/978-5-6051263-4-8

15. Малкина М.Ю. (2024) Стресс реального сектора российских регионов в условиях пандемии и санкций. *Экономика региона*, 20 (1), 16–32. DOI: 10.17059/ekon.reg.2024-1-2

16. Матвеева Е.В., Гоосен Е.В., Каган Е.С., Никитенко С.М. (2020) Некоторые аспекты изучения факторов экономической и социально-политической стрессоустойчивости в регионе в условиях глобального кризиса. *Фундаментальные исследования*, 8, 56–60. DOI: 10.17513/fr.42827

17. Николаев М.А., Махотаева М.Ю. (2021) Факторы устойчивости обрабатывающей промышленности регионов России. *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*, 14 (3), 62–72. DOI: 10.18721/JE.14305

18. Шабунова А.А., Груздева М.А. (2016) Развитие регионов Российской Федерации: интегральная методика как инструмент оценки. *Региональная экономика: теория и практика*, 1 (424), 100–112.

19. Шабунова А.А., Калачикова О.Н., Леонидова Г.В. и др. (2022) *Социальное развитие территорий: актуальные тренды и новые вызовы*, монография, Вологда: Вологодский научный центр Российской академии наук.

20. Балабанова В А. (2025) Экономическая устойчивость регионов России в условиях внешних шоков. *Научный журнал «Менеджер»*, 8 (114), 80–89. DOI: 10.5281/zenodo.17786618

21. Пасовец Ю.М. (2023) Социально-экономическая уязвимость региональных сообществ: опыт социологической интерпретации и измерения. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, 16 (4), 236–253. DOI: 10.15838/esc.2023.4.88.13

22. Гамидуллаева Л.А., Рослякова Н.А. (2025) Кластерно-эконометрический анализ российских регионов: выводы для дифференцированной экономической политики. *Экономика региона*, 21 (2), 283–300. DOI: 10.17059/ekon.reg.2025-2-3

## REFERENCES

1. Chernova O.A. (2023) Problems of regional resilience in Russian studies. *Natural-Humanitarian Studies*, 1 (45), 277–284.

2. Martin R. (2012) Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. *Journal of Economic Geography*, 12 (1), 1–32. DOI: 10.1093/jeg/lbr019

3. Tinch R. (1998) *Resilience and Resource Management Under Risk*, Norwich: School of Environmental Science.

4. Capodistrias P., Szulecka J., Corciolani M., Strøm-Andersen N. (2022) European food banks and COVID-19: Resilience and innovation in times of crisis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 82, art. no. 101187. DOI: 10.1016/j.seps.2021.101187

5. Hu X., Li L., Dong K. (2022) What matters for regional economic resilience amid COVID-19? Evidence from cities in Northeast China. *Cities*, 120, art. no. 103440. DOI: 10.1016/j.cities.2021.103440

6. Klimanov V.V., Kazakova S.M., Mikhaylova A.A. (2018) Regional Resilience: Theoretical Basics of the Question. *Economic Policy*, 13 (6), 164–187. DOI: 10.18288/1994-5124-2018-6-164-187

7. Akberdina V.V., Lavrikova IU.G., Suvorova A.V. (2022) Kontseptsiia ekonomicheskoi rezil'entnosti kak teoreticheskaia osnova ustoichivosti sotsial'no-ekonomicheskikh sistem [The concept of economic resilience as a theoretical foundation for the stability of socio-economic systems]. In: *Riski i vozmozhnosti razvitiia regionov Rossii v usloviiakh sanktsionnogo davleniia* [*Risks and opportunities for the development of Russia's regions under sanctions pressure*] (ed. Iu.G. Lavrikova), Chapter 1.5, Ekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN, 56–71.

8. Romanova O.A., Sirotin D.Vl., Ponomareva A.O. (2022) From Resistance Economy to Resilient Economy (the Case of an Industrial Region in Russia). *AlterEconomics*, 19 (4), 620–637. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4

9. Kuznetsova O.V. (2015) *Ekonomicheskoe razvitie regionov: Teoreticheskie i prakticheskie aspekty gosudarstvennogo regulirovaniia* [*Economic development of regions: Theoretical and practical aspects of state regulation*], Moscow: LENAND, 2015.

10. Gamidullaeva L.A. (2024) Regional economic resilience: bibliometric analysis of the research. *π-Economy*, 17 (1), 70–87. DOI: 10.18721/JE.17105

11. Tikhonova I., Guseva T., Averochkin E., Shchelchkov K. (2021) Best Available Techniques and Best Environmental Management Practices: collaboration between industries and regions. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 8 (2), 495–505.

12. Titova N.Yu. (2026) The Analytical Tool for Evaluating Regional Resilience. *The Territory of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University*, 18 (1), 29–44. DOI: 10.29039/2949-1258/2026-1/029-044

13. Kombarov M. (2025) Resilence of Russian Regions to Sanctions Pressure: What Does A. Laffer's Theory Indicate? *Rossiiskie regiony v fokuse peremen* [*Russian regions in the spotlight of change*], 1307–1309.

14. Altufieva T.Yu. (2024) Involving small technological companies in strengthening the technological sovereignty of the rf regions under sanctions pressure. *Innovatsionnye tekhnologii upravleniia sotsial'no-ekonomicheskim razvitiem regionov Rossii* [*Innovative Technologies for Managing the Socio-Economic Development of Russia's Regions*], 193–201. DOI: 10.31040/978-5-6051263-4-8

15. Malkina M.Yu. (2024) Stress in the Real Economy of Russian Regions under the Pandemic and Sanctions. *Economy of regions*, 20 (1), 16–32. DOI: 10.17059/ekon.reg.2024-1-2

16. Matveeva E.V., Goosen E.V., Kagan E.S., Nikitenko S.M. (2020) Some aspects of the study of factors economic and socio-political stress in the region in the global crisis. *Fundamental Research*, 8, 56–60. DOI: 10.17513/fr.42827

17. Nikolaev M.A., Makhotaeva M.Yu. (2021) Factors of the manufacturing industry sustainability in the regions of Russia. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 14 (3), 62–72. DOI: 10.18721/JE.14305

18. Shabunova A.A., Gruzdeva M.A. (2016) Development of the regions of the Russian Federation: integral technique as an evaluation tool. *Regional Economics: Theory and Practice*, 1 (424), 100–112.

19. Shabunova A.A., Kalachikova O.N., Leonidova G.V. et al. (2022) *Sotsial'noe razvitie territorii: aktual'nye trendy i novye vyzovy* [*Social Development of Territories: Current Trends and New Challenges*], monograph, Vologda: Vologodskii nauchnyi tsentr Rossiiskoi akademii nauk.

20. Balabanova V.A. (2025) Economic resilience of Russian regions under external shocks. *Scientific Journal* "*Manager*", 8 (114), 80–89. DOI: 10.5281/zenodo.17786618

21. Pasovets Yu.M. (2023) Socio-economic vulnerability of regional communities: Sociological interpretation and assessment. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 16 (4), 236–253. DOI: 10.15838/esc.2023.4.88.13

22. Gamidullaeva L.A., Roslyakova N.A. (2025) Cluster-Econometric Analysis of Russian Regions: Implications for Differentiated Economic Policy. *Economy of regions*, 21 (2), 283–300. DOI: 10.17059/ekon.reg.2025-2-3

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**ЖУРАВЛЕВА Светлана Валерьевна**
E-mail: zhuravleva_sveta@rambler.ru
**Sventlana V. ZHURAVLEVA**
E-mail: zhuravleva_sveta@rambler.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7461-5388

**СУХАДОЛЬСКАЯ Ольга Сергеевна**
E-mail: o.sukhadolskaya@eipc.center
**Olga S. SUKHADOLSKAYA**
E-mail: o.sukhadolskaya@eipc.center
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4386-9684

*Поступила: 05.09.2026; Одобрена: 12.10.2026; Принята: 12.10.2026.*
*Submitted: 05.09.2026; Approved: 12.10.2026; Accepted: 12.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 96–114.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 96–114.

Научная статья
УДК 332.1:338.45
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19506
EDN: https://elibrary/GEPHLM

# ОЦЕНКА РЕЗИЛЬЕНТНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА МЕДИЦИНСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

**Д.А. Данилов** ✉ **, И.А. Адианов**

Воронежский государственный технический университет,
Воронеж, Российская Федерация

✉ danilovd2024@yandex.ru

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена необходимостью сохранять производственно-технологический потенциал региональной медицинской промышленности в условиях внешних ограничений и своевременно выявлять его ослабление, не отражаемое ресурсными показателями. Цель исследования – разработать и апробировать подход к оценке резильентности регионального рынка промышленной продукции медицинского назначения, основанный на раздельном измерении ресурсного контура и контура носителей технологий. Методологическую основу составили эволюционная трактовка региональной резильентности и положения отраслевого стратегирования; резильентность операционализирована по четырем измерениям – сопротивляемости, восстановлению, переориентации и обновлению. Эмпирическая база сформирована по формам федерального статистического наблюдения № 1-технология и № 2-наука за 2017–2025 гг. в разрезе видов экономической деятельности ОКВЭД 26.6 и ОКВЭД 32.5, а также по материалам Воронежстата; годовой поток затрат на исследования и разработки приведен к постоянным ценам 2018 г. Установлено, что резильентность регионального медицинского промышленного комплекса распадается на две расходящиеся характеристики. Ресурсный контур после снижения до 58–73,5% от уровня 2019 г. вышел к 2025 г. на 206–315,2%, тогда как контур носителей технологий сократился до 68,2% по полному охвату и до 50% по опорному ядру при минимуме в последнем году наблюдения. Число организаций-разработчиков снизилось с десяти до двух при одновременном росте числа разработанных технологий, что свидетельствует о концентрации разработки. Доля применяемых технологий, приобретенных за рубежом, составила 41,6%, собственной разработки – 7,9%. Научная новизна состоит в выделении разрыва трансмиссии между ресурсным контуром и контуром носителей технологий и в обосновании того, что оценка отраслевой резильентности только по ресурсным показателям систематически ее завышает. Результаты применимы при построении систем отраслевого мониторинга на региональном уровне. Наблюдение за региональным медицинским промышленным комплексом, опирающееся на затраты и кадры, фиксирует благополучие там, где происходит сжатие производственной базы. Разделение показателей на два контура и отслеживание расхождения между ними делают это сжатие видимым в пределах управленческого цикла, а не по факту утраты компетенций. Полученные результаты ограничены одним регионом, двумя видами экономической деятельности и семилетним интервалом наблюдения, часть рядов внутри которого не полна. Это определяет и направления продолжения работы.

**Ключевые слова:** резильентность, региональный рынок, промышленная продукция медицинского назначения, технологический суверенитет, передовые производственные технологии

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках реализации проекта «Управление развитием рынка промышленной продукции медицинского назначения в условиях технологического суверенитета» (Соглашение № 26-28-20066; https://rscf.ru/project/26-28-20066/). Авторы выражают благодарность Территориальному органу Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области за предоставление сведений в разрезе видов экономической деятельности, использованных при формировании эмпирической базы исследования.

© Данилов Д.А., Адианов И.А., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**Для цитирования:** Данилов Д.А., Адианов И.А. (2026) Оценка резильентности регионального рынка медицинской промышленной продукции. π-Economy, 19 (5), 96–114. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19506

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19506

# ASSESSING THE RESILIENCE OF A REGIONAL MARKET FOR MEDICAL INDUSTRIAL PRODUCTS

**D.A. Danilov** ✉ **, I.A. Adianov**

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

✉ danilovd2024@yandex.ru

**Abstract.** External constraints on regional medical industries make it important to preserve their production and technological capacity and to identify its erosion when resource indicators fail to capture it. The aim of the study is to develop and test an approach to assessing the resilience of a regional market for industrial medical products based on separate measurement of the resource and technology-carrier circuits. The methodological basis combines the evolutionary interpretation of regional resilience with the provisions of sectoral strategizing; resilience is operationalised along four dimensions – resistance, recovery, re-orientation and renewal. The empirical base was formed from federal statistical observation forms No. 1-tekhnologiya and No. 2-nauka for 2017–2025 by economic activity types 26.6 and 32.5, and from Voronezhstat materials; the annual flow of research and development expenditure was converted to constant 2018 prices. It is established that the resilience of the regional medical industrial complex splits into two diverging characteristics. After declining to 58.0–73.5% of the 2019 level, the resource circuit reached 206.0–315.2% by 2025, whereas the technology-carrier circuit contracted to 68.2% under full coverage and to 50.0% for the core, with the minimum falling in the final year of observation. The number of developer organisations fell from 10 to 2 while the number of developed technologies grew, indicating concentration of development. The share of applied technologies acquired abroad was 41.6%, and of in-house development 7.9%. The scientific novelty lies in identifying a transmission gap between the resource and technology-carrier circuits and in demonstrating that assessing sectoral resilience by resource indicators alone systematically overstates it. The results are applicable in designing sectoral monitoring systems at the regional level. Monitoring the regional medical-industrial complex – based on costs and personnel – identifies areas of prosperity even as the production base contracts. Dividing the indicators into two categories and tracking the divergence between them makes this contraction visible within the management cycle, rather than only after competencies have been lost. The results obtained are limited to a single region, two types of economic activity, and a seven-year observation period, during which some data series are incomplete. This also determines the directions for further research.

**Keywords:** resilience, regional market, industrial medical products, technological sovereignty, advanced production technologies

**Acknowledgements:** The research was financially supported by the Russian Science Foundation, project "Managing the Development of the Market for Industrial Medical Products in the Context of Technological Sovereignty" (Agreement No. 26-28-20066; available online: https://rscf.ru/project/26-28-20066/). The authors express their gratitude to the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Voronezh Region for providing data broken down by type of economic activity, which were used to construct the empirical basis for this study.

**Citation:** Danilov D.A., Adianov I.A. (2026) Assessing the resilience of a regional market for medical industrial products. π-Economy, 19 (5), 96–114. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19506

© Danilov D.A., Adianov I.A., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

**Введение**

Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечивать непрерывность производства медицинской продукции и сохранять технологические компетенции региональных производителей в условиях внешних ограничений. Сокращение круга организаций, использующих и разрабатывающих технологии, создает риск сужения производственной базы, который не может быть выявлен только по динамике финансирования и кадров. Для региональной промышленной политики своевременное обнаружение этого риска необходимо, поскольку увеличение ресурсной поддержки само по себе не гарантирует восстановления технологически активных участников рынка. В условиях реализации приоритетов технологического суверенитета оценка резильентности становится основанием для выявления структурных ограничений и корректировки мер поддержки медицинской промышленности.

Объектом исследования выступает региональный рынок промышленной продукции медицинского назначения, рассматриваемый как производственно-технологическая подсистема региональной экономики. Его современное состояние определяется двумя разнонаправленными обстоятельствами.

Первое связано с нормативно закрепленным приоритетом. Концепция технологического развития на период до 2030 года относит медицинскую технику и медицинские изделия к сквозным направлениям обеспечения технологического суверенитета, а Стратегия развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2030 года формулирует задачу обеспечения технологического суверенитета в сфере здравоохранения и устанавливает целевой уровень технологической независимости в 80%. Отрасль, таким образом, получила приоритетный статус и измеримый ориентир.

Второе обстоятельство состоит в том, что на региональном уровне этот ориентир не с чем соотнести.

Показатели технологической независимости определены для страны в целом. Региональная статистика фиксирует иные величины: число организаций, использующих и разрабатывающих передовые производственные технологии (ППТ), затраты на исследования и разработки, численность исследователей, происхождение применяемых технологий. Связь между этими величинами и национальным ориентиром не установлена, и вопрос о том, способен ли региональный медицинский промышленный комплекс выдержать внешнее воздействие и восстановиться после него, остается без операционального ответа.

Именно этот вопрос и составляет содержание понятия резильентности.

Ключевая идея настоящего исследования заключается в том, что резильентность регионального рынка промышленной продукции медицинского назначения не является единой характеристикой и распадается на две, расходящиеся между собой. Ресурсы, направляемые в отраслевой комплекс, и носители технологий, в нем действующие, восстанавливаются после шока по-разному, и оценка, построенная на одной группе показателей, систематически расходится с оценкой, построенной на другой. От существующих трактовок, в которых резильентность региональной экономики измеряется агрегированными показателями выпуска, занятости или инвестиций [1], предлагаемый подход отличается тем, что разделяет объект оценки на два контура: ресурсный и носителей технологий и делает расхождение между ними самостоятельным результатом, а не погрешностью измерения.

Эмпирическая проверка выполнена на материалах Воронежской области за 2019–2025 гг. Выбор региона определяется наличием в нем обоих видов экономической деятельности, образующих медицинский промышленный комплекс, и доступностью сопоставимых рядов официальной статистики за период, включающий внешний шок 2020–2022 гг. и последующее восстановление.

***Литературный обзор***

Понятие резильентности вошло в региональную экономику из эволюционной экономической географии, и его современная трактовка сложилась в работах Р. Мартина и его соавторов. Дж. Симми и Р. Мартин противопоставили эволюционный подход равновесному, показав, что возврат региональной экономики к предшоковой траектории не является ни единственным, ни наиболее вероятным исходом [2]. Р. Мартин и П. Санли развили эту позицию до конструкции из четырех измерений – сопротивляемости, восстановления, переориентации и обновления, – подчеркнув, что резильентность описывает не состояние, а способность системы и потому требует наблюдения на интервале, включающем шок [1].

Существенно, что оба измерения второй пары – переориентация и обновление – относятся к изменению структуры, а не к возврату уровня.

Российская литература это различение восприняла неравномерно. Л.А. Гамидуллаева на материале библиометрического анализа 1995–2023 гг. показывает, что исследовательское поле группируется вокруг экономической специализации и диверсификации, институциональной среды, предпринимательства и инноваций, а сама устойчивость трактуется одновременно как сопротивление шокам с быстрым восстановлением и как адаптивная способность [3]. Г.С. Мерзликина и Н.О. Могхарбел проводят прямое разграничение: устойчивость они определяют как свойство, характеризующее сбалансированность деятельности и измеряемое показателями сбалансированного использования ресурсов, а резильентность – как способность сопротивляться кризисам и возвращаться в исходное равновесное состояние, требующую показателей динамической способности [4].

Расхождение между [3] и [4] проходит по линии измерения. В первом случае резильентность включает адаптивную способность и потому не сводится к возврату; во втором она определена именно через возврат в исходное состояние. Для регионального рынка, находящегося под действием политики технологического суверенитета, это различие принципиально: возврат к докризисной структуре технологического обеспечения означал бы сохранение прежней зависимости, то есть результат, противоположный цели политики.

Второй блок исследований раскрывает содержание самого технологического суверенитета. В.Л. Квинт, И.В. Новикова, М.К. Алимурадов и Н.И. Сасаев трактуют его как результат стратегически организованного развития научно-технологического, промышленного и институционального потенциалов [5]. Методические основания отраслевой диагностики и стратегического анализа трендов разработаны Н.И. Сасаевым [6, 7]. Е.В. Потапцева и В.В. Акбердина разграничивают технологический суверенитет, стратегическую автономию и импортозамещение, показывая, что суверенитет не сводится к замещению ввозимой продукции [8]. Региональное измерение вводят Е.П. Гарина и В.П. Кузнецов, предлагающие интегральный индекс технологического лидерства с учетом региональной специфики промышленности [9], и Е.Е. Савченко, обосновывающий подход через региональную специализацию [10]. Т.В. Горячева и О.А. Мызрова классифицируют влияющие факторы [11], Н.М. Абдикеев, О.М. Абросимова и М.Д. Фуфаев оценивают вклад факторов интеллектуального промышленного производства [12].

Общим для этого блока является рассмотрение суверенитета как цели и как состояния. Вопрос о том, что происходит с отраслевой системой в интервале между шоком и достижением этой цели, здесь не ставится.

Третий блок работ подходит к проблеме со стороны технологической неопределенности и включенности в производственные цепочки. Ю.А. Ковальчук и И.М. Степнов показывают, что технологическое будущее не поддается однозначному прогнозированию и что управленческие решения принимаются в условиях неустранимой неопределенности траектории [13]. А.Г. Шеломенцев, К.С. Гончарова, И.М. Степнов, Ю.А. Ковальчук и соавторы рассматривают

стратегические инновации как фактор адаптации национальных экономик к развитию глобальных цепочек создания стоимости, то есть как механизм, посредством которого экономическая система сохраняет позицию при изменении внешней конфигурации [14]. И.М. Степнов и Ю.А. Ковальчук в работе об измерении ценности в бизнес-моделях совместного использования обосновывают, что ценность возникает не в отдельной организации, а в конфигурации участников, и потому измеряется на уровне их взаимодействия [15].

Последнее положение имеет прямое отношение к предмету настоящей работы. Если ценность формируется конфигурацией участников, то сокращение числа участников означает утрату способности к ее созданию – независимо от того, растут ли ресурсы, направляемые в систему.

Четвертый блок посвящен собственно рынку промышленной продукции медицинского назначения. Д.А. Данилов и А.Д. Данилов рассматривают его развитие в условиях цифровизации и Индустрии 5.0 [16]; Д.А. Данилов формулирует теоретические положения развития рынка [17] и разрабатывает аналитические аспекты оценки его зрелости [18]. Ю.А. Морозова выявляет стратегические тенденции инновационного развития медицинской промышленности [19], Г.И. Яковлев и А.В. Стрельцов анализируют организацию импортозамещающего производства высокотехнологичных изделий медицинского назначения [20]; Ю.А. Зуенкова оценивает инвестиционный потенциал рынка инновационного медицинского изделия [21]. Структурные сдвиги рынка медицинских изделий описывают А.В. Самойлова [22] и В.В. Тонконог применительно к общему рынку Евразийского экономического союза [23]; конкурентные позиции России на мировом рынке рассматривает А.А. Золотов [24], мировую динамику – Г.Ф. Эндрю [25]. И.В. Ожгихин, И.А. Рудская и И. Абдулаева анализируют российский рынок медицинского оборудования с позиции особенностей и перспектив развития [26].

Зарубежные исследования смещают фокус на инновационный и регуляторный контуры. Т. Мейтофт, О. Линдаль, Ф. Эберг и соавторы предлагают эмпирическую модель поддержки инноваций в медицинских технологиях [27], С. Гарсиа Гонсалес-Мораль, Ф.Р. Бейер, А.О. Ойеволе и соавторы систематизируют методы технологического сканирования и форсайта [28]. А. Кремер, К. Франко, Ф. Хартунг-Линц и Э. Том обобщают рыночные и регуляторные аспекты управления медицинскими изделиями [29], К. Чжоу и Дж. Гатингер описывают эволюцию регуляторной парадигмы применительно к искусственному интеллекту в медицинских технологиях [30].

Сопоставление российского и зарубежного сегментов литературы обнаруживает асимметрию в постановке вопроса. Зарубежные работы по медицинским технологиям [27–30] сосредоточены на входе технологии в оборот: на поддержке инновации, сканировании технологического горизонта, регуляторном допуске и управлении жизненным циклом изделия. Вопрос о том, что происходит с совокупностью производителей после внешнего воздействия, в них не ставится, поскольку сама эта совокупность предполагается устойчивой. Российские работы [16–26], напротив, рассматривают отрасль в режиме перестройки – импортозамещения, смены поставщиков, изменения структуры рынка, – однако описывают ее преимущественно через объемные и долевые характеристики продукции, а не через численность и состав участников.

Понятие резильентности, разработанное в [1, 2] и развиваемое в российской литературе [3, 4], позволяет соединить обе постановки, но до настоящего времени применялось к региональной экономике в целом, а не к отраслевому комплексу внутри региона.

Сопоставление четырех блоков по одному признаку – по тому, на каком объекте фиксируется способность выдержать шок, – обнаруживает нерешенную задачу.

В работах по резильентности [1–4] объектом выступает региональная экономика в целом и показатели берутся агрегированные. В работах по технологическому суверенитету [5–12]

объектом является национальная или отраслевая система, а состояние описывается через достигнутый уровень независимости. В работах по рынку медицинской продукции [16–30] объектом служит рынок или отдельное изделие, а динамика прослеживается по объемным и структурным характеристикам. Ни в одном из блоков региональный отраслевой комплекс не рассматривается как объект, резильентность которого измеряется раздельно по ресурсам и по носителям технологий.

Нерешенная научная задача, таким образом, состоит в следующем: отсутствует способ оценки резильентности регионального рынка промышленной продукции медицинского назначения, который позволял бы различать восстановление ресурсного обеспечения и восстановление круга организаций, эти ресурсы применяющих, и интерпретировать расхождение между ними.

Цель исследования – разработать и апробировать подход к оценке резильентности регионального рынка промышленной продукции медицинского назначения, основанный на раздельном измерении ресурсного контура и контура носителей технологий.

Достижение цели предполагает решение четырех задач:

1) разграничить устойчивость и резильентность применительно к региональному рынку промышленной продукции медицинского назначения и определить состав измерений резильентности, пригодных для отраслевого уровня;

2) обосновать разделение регионального медицинского промышленного комплекса на ресурсный контур и контур носителей технологий и сформировать систему показателей по каждому из них;

3) оценить резильентность обоих контуров по выделенным измерениям на материалах Воронежской области за 2019–2025 гг.;

4) выявить и объяснить расхождение оценок, полученных по обоим контурам, и сформулировать следствия для отраслевой политики технологического суверенитета.

Количество задач соответствует количеству представленных далее результатов.

**Методы и материалы**

Исследование построено на сопоставлении двух групп показателей, характеризующих один и тот же отраслевой объект с разных сторон, и на измерении их динамики относительно общей базы.

Объектом наблюдения выступает медицинский промышленный комплекс Воронежской области, выделяемый по двум видам экономической деятельности (здесь и далее – по Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности): ОКВЭД 26.6 «Производство облучающего и электронного оборудования, применяемого в медицинских целях» и ОКВЭД 32.5 «Производство медицинских инструментов и оборудования». Наблюдение ведется по двум вариантам охвата: полный охват объединяет оба вида деятельности и представляет отраслевой комплекс целиком, опорное ядро ограничено видом деятельности ОКВЭД 26.6. Раздельное наблюдение по двум вариантам охвата выполняет функцию проверки устойчивости выводов: совпадение направления изменений при обоих вариантах свидетельствует в пользу того, что результат не порожден составом выборки.

Внутри каждого варианта охвата показатели разделены на две группы: ресурсный контур и контур носителей технологий.

Ресурсный контур образуют показатели, характеризующие средства, направляемые в отраслевой комплекс: внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки, численность исследователей, численность работников, выполнявших научные исследования и разработки. Контур носителей технологий образуют показатели, характеризующие организации как носителей технологий: число организаций, использовавших ППТ, число организаций, разрабатывавших такие технологии, и число разработанных технологий.

Основание разделения состоит в различии экономической природы показателей. Ресурсный контур измеряет поток ресурсов и может изменяться за счет решений одного крупного участника. Контур носителей технологий измеряет численность участников и изменяется только при входе организаций в отраслевой комплекс или выходе из него. Совпадение динамики контуров не гарантировано, и проверка этого совпадения составляет содержание предлагаемого подхода.

Методологическая рамка работы опирается на положения отраслевого стратегирования. Согласно В.Л. Квинту, И.В. Новиковой, М.К. Алимурадову и Н.И. Сасаеву, технологический суверенитет формируется как результат стратегически организованного развития научно-технологического, промышленного и институционального потенциалов [5]; отсюда следует, что состояние отраслевого комплекса должно наблюдаться одновременно по нескольким его составляющим, а не по одной результирующей величине. Стратегическая диагностика отраслевого развития, разработанная Н.И. Сасаевым, предполагает предварительное выявление факторов, ограничений и возможностей до перехода к оценке [6], а методология стратегического анализа трендов требует явной фиксации горизонта наблюдения и сопоставимости охвата по годам [7].

Последнее требование определило порядок работы с данными в настоящем исследовании. Проверка сопоставимости охвата выполнена до расчета индексов, и те годы, в которые охват наблюдения не подтверждается первичными таблицами, исключены из базы сравнения. Без такой проверки трендовые выводы по узким видам экономической деятельности неустойчивы: единичное изменение состава отчитывающихся организаций способно изменить знак динамики.

Резильентность операционализирована по четырем измерениям, выделенным Р. Мартином и П. Санли [1] и адаптированным к отраслевому уровню (табл. 1).

**Таблица 1. Операционализация измерений резильентности регионального медицинского промышленного комплекса**
**Table 1. Operationalisation of resilience dimensions of the regional medical industrial complex**

| Измерение резильентности | Содержание измерения | Показатели ресурсного контура | Показатели контура носителей технологий |
|---|---|---|---|
| Сопротивляемость | Глубина снижения показателя относительно базового года | Минимум затрат на НИОКР и численность занятых в НИОКР к уровню 2019 г. | Минимум числа организаций, использовавших ППТ, к уровню 2019 г. |
| Восстановление | Положение последнего наблюдения относительно базового года | Затраты на НИОКР и численность занятых в НИОКР в 2025 г. к уровню 2019 г. | Число организаций, использовавших ППТ, в 2025 г. к уровню 2019 г. |
| Переориентация | Изменение структуры технологического обеспечения | Ресурсными показателями не наблюдается | Структура происхождения используемых ППТ по источнику |
| Обновление | Создание технологий внутри отраслевого комплекса | Ресурсными показателями не наблюдается | Число организаций-разработчиков и число разработанных ППТ |

Источник: составлено авторами на основе [1, 4].

Сопротивляемость рассчитана как отношение минимального значения показателя за период наблюдения к его значению в базовом году, выраженное в процентах: чем ближе величина к 100%, тем меньше глубина провала. Восстановление рассчитано как отношение значения последнего года наблюдения к значению базового года. Переориентация оценена по структуре

происхождения используемых ППТ на конец периода. Обновление оценено по числу организаций, разрабатывавших технологии, и по числу разработанных технологий.

Базовым принят 2019 г. Выбор определяется тем, что значения 2018 г. по ряду показателей отмечены в исходном датасете как аномальные и не подтвержденные первичными таблицами, вследствие чего их использование в качестве базы привело бы к неустойчивым оценкам. Значения 2018 г. приводятся далее только справочно и не участвуют в расчете индексов.

Годовой поток затрат на научные исследования и разработки приведен к постоянным ценам 2018 г. цепным дефлятором, построенным на среднегодовом индексе потребительских цен; индекс «декабрь к декабрю» сохранен в качестве контрольного. Все реальные темпы изменения затрат, приводимые далее, рассчитаны по основному дефлятору.

Информационную базу составили три источника. Первый – формы федерального статистического наблюдения № 1-технология «Сведения о разработке и использовании передовых производственных технологий» и № 2-наука «Сведения о выполнении научных исследований и разработок» в разрезе видов экономической деятельности за 2017–2025 гг. Второй – статистический сборник «Воронежская область в цифрах. 2026» и аналитический доклад «Социально-экономическое положение Воронежской области. Январь – декабрь 2025 года», использованные для характеристики общерегионального фона. Третий – нормативные правовые акты, задающие рамку технологического суверенитета в сфере здравоохранения [31, 32].

Работа с первичными данными подчинена ограничениям, зафиксированным при их верификации. Ряды числа организаций, разрабатывавших ППТ, и числа разработанных технологий завершаются 2024 г.: за 2025 г. сопоставимое наблюдение по полному охвату не формируется, и пропуск не замещается нулевым значением. Ряды числа организаций, использовавших ППТ, не содержат наблюдений за 2020–2022 гг. Детализированные коды ОКВЭД 26.60 и ОКВЭД 32.50 в первичных таблицах 2025 г. проверены на предмет двойного счета с кодами ОКВЭД 26.6 и ОКВЭД 32.5 (в каждом случае группа состоит из единственного класса, поэтому коды различаются лишь замыкающим нулем). Отсутствие наблюдения в перечисленных случаях трактуется как отсутствие данных, а не как нулевое значение показателя.

**Результаты и обсуждение**

***Разграничение устойчивости и резильентности на отраслевом уровне***

Первый результат состоит в разграничении двух характеристик, которые в литературе по региональной экономике употребляются как близкие.

Устойчивость, согласно Г.С. Мерзликиной и Н.О. Могхарбел, описывает сбалансированность деятельности и измеряется показателями сбалансированного использования ресурсов [4]. Она является характеристикой состояния и наблюдается в любой момент времени. Резильентность описывает способность выдержать воздействие и восстановиться, требует показателей динамической способности и наблюдается только на интервале, включающем шок.

Для регионального рынка промышленной продукции медицинского назначения это различие имеет нетерминологический характер.

Отраслевой комплекс может быть устойчив в каждый отдельный год – располагать сбалансированным финансированием, кадрами и загрузкой – и при этом утрачивать способность восстанавливать круг организаций после каждого последующего воздействия. Устойчивость фиксируется по срезу, резильентность – по траектории, и заключение о первой не переносится на вторую [33].

Существенно и то, что применительно к политике технологического суверенитета возврат в исходное состояние, через который резильентность определена в [4], перестает быть желательным исходом. Докризисная структура технологического обеспечения включала зависимость от зарубежных решений, и ее воспроизведение означало бы результат, противоположный цели

политики. Поэтому из четырех измерений Р. Мартина и П. Санли [1] для отраслевого уровня в условиях технологического суверенитета принципиальны не первые два, фиксирующие возврат, а вторые два, фиксирующие изменение структуры.

***Разделение отраслевого комплекса на ресурсный контур и контур носителей технологий***

Второй результат состоит в обосновании раздельного наблюдения двух контуров.

Показатели, которыми оперирует статистика ППТ и науки, принято рассматривать совместно как характеристики инновационной активности. Между тем экономическая природа у них различна. Затраты на исследования и разработки и численность занятых ими работников измеряют объем ресурса, поступающего в отраслевой комплекс. Число организаций, использующих и разрабатывающих технологии, измеряет количество субъектов, способных этот ресурс применить.

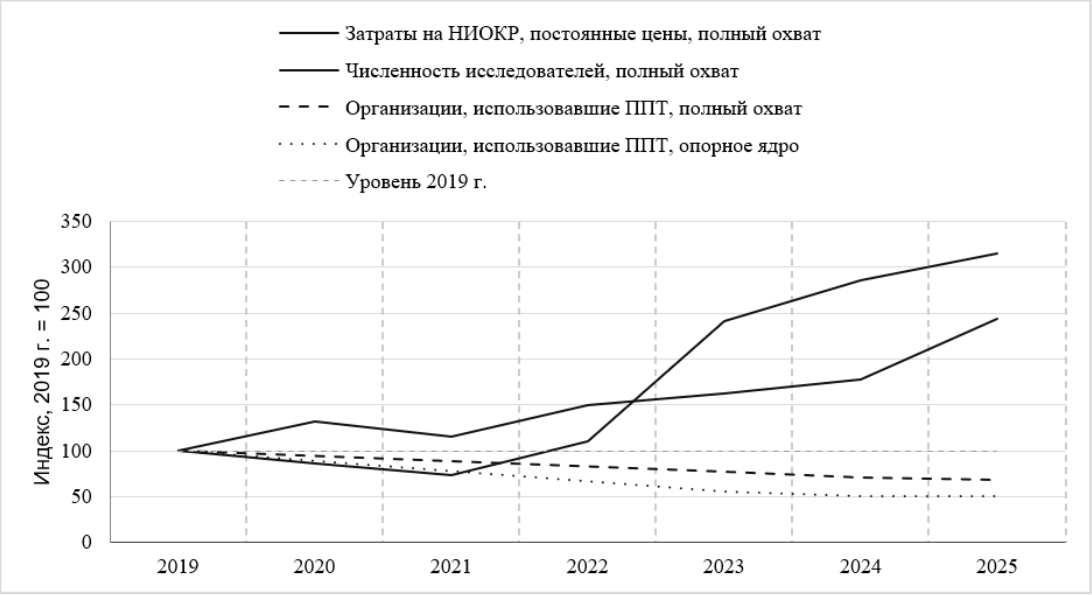
Различие проявляется в том, как каждая группа реагирует на выбытие участника.

Выбытие одной организации из отраслевого комплекса уменьшает контур носителей технологий на единицу независимо от ее размера. На ресурсный контур то же событие может не повлиять вовсе, если ее затраты и персонал перераспределяются между оставшимися участниками, и может даже увеличить средние показатели на одну организацию. Ресурсный контур, следовательно, способен демонстрировать рост в условиях сокращения числа носителей технологий, и это не артефакт измерения, а содержательное свойство.

Положение И.М. Степнова и Ю.А. Ковальчук о том, что ценность формируется конфигурацией участников, а не отдельной организацией [15], позволяет интерпретировать такое сокращение как утрату потенциала, не отражаемую ресурсными показателями. Если число участников конфигурации падает, способность системы к созданию ценности снижается даже при растущем ресурсном обеспечении.

***Оценка резильентности ресурсного контура и контура носителей технологий на материалах Воронежской области***

Третий результат представлен в табл. 2 и на рис. 1.




Источник: рассчитано и построено авторами.

Рис. 1. Динамика ресурсного контура и контура носителей технологий медицинского промышленного комплекса Воронежской области, индексы к 2019 г.

Fig. 1. Dynamics of the resource and technology-carrier circuits of the Voronezh Region medical industrial complex, indices to 2019

**Таблица 2. Оценка резильентности ресурсного контура и контура носителей технологий медицинского промышленного комплекса Воронежской области, 2019–2025 гг.**
**Table 2. Resilience assessment of the resource and technology-carrier circuits of the Voronezh Region medical industrial complex, 2019–2025**

| Показатель | Охват | База 2019 г. | Минимум (год) | Последнее наблюдение (год) | Сопротивляемость, % | Восстановление, % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Затраты на НИОКР, постоянные цены 2018 г., млн руб. | Полный | 242,4 | 177,3 (2021) | 763,8 (2025) | 73,2 | 315,2 |
| То же | Ядро | 209,3 | 121,4 (2021) | 542,1 (2025) | 58 | 259 |
| Численность исследователей, чел. | Полный | 164 | 164 (2019) | 400 (2025) | 100 | 243,9 |
| То же | Ядро | 112 | 112 (2019) | 254 (2025) | 100 | 226,8 |
| Численность работников, выполнявших НИОКР, чел. | Ядро | 166 | 122 (2020) | 342 (2025) | 73,5 | 206 |
| Организации, использовавшие ППТ, ед. | Полный | 85 | 58 (2025) | 58 (2025) | 68,2 | 68,2 |
| То же | Ядро | 32 | 16 (2024) | 16 (2025) | 50 | 50 |
| Организации, разрабатывавшие ППТ, ед.[1] | Полный | 10 (2021) | 2 (2024) | 2 (2024) | 20 | 20 |
| То же | Ядро | 4 (2021) | 1 (2024) | 1 (2024) | 25 | 25 |
| Число разработанных ППТ, ед.[1] | Ядро | 3 (2021) | – | 5 (2024) | – | 166,7 |

[1] База – пиковое значение 2021 г.; ряды завершаются 2024 г. Прочерк означает, что снижение внутри окна наблюдения не зафиксировано. Число разработанных ППТ приведено только по опорному ядру. Полный охват – ОКВЭД 26.6 и 32.5; ядро – ОКВЭД 26.6.
Источник: рассчитано авторами по данным форм федерального статистического наблюдения № 1-технология и № 2-наука.

Ресурсный контур обнаруживает выраженную резильентность в классическом понимании. Затраты на исследования и разработки в постоянных ценах 2018 г. снизились к 2021 г. до 73,2% от уровня 2019 г. по полному охвату и до 58% по опорному ядру, после чего перешли к росту и составили в 2025 г. 315,2% и 259% соответственно. Численность исследователей провала не показала вовсе и выросла до 243,9% и 226,8% соответственно. Численность работников, выполнявших научные исследования и разработки, по опорному ядру снизилась к 2020 г. до 73,5% и достигла в 2025 г. 206% от базового уровня.

По всем трем ресурсным показателям и по обоим вариантам охвата восстановление не только состоялось, но и вывело отраслевой комплекс существенно выше предшоковой точки.

Контур носителей технологий дает противоположную картину. Число организаций, использовавших ППТ, сократилось с 85 в 2019 г. до 58 в 2025 г. по полному охвату и с 32 до 16 по опорному ядру, то есть до 68,2% и 50% от базового уровня. Минимум ряда приходится на последний год наблюдения, вследствие чего показатели сопротивляемости и восстановления совпадают: точка восстановления не пройдена, поскольку снижение не прекратилось.

Расхождение между двумя вариантами охвата – 68,2% против 50% – само по себе содержательно: сжатие идет быстрее в опорном ядре, то есть в том виде деятельности, который непосредственно относится к производству медицинского оборудования.

Это расхождение выполняет в работе двойную функцию. Во-первых, оно служит проверкой устойчивости вывода: направление изменения совпадает при обоих вариантах охвата, и потому сокращение контура носителей технологий не может быть отнесено на счет выбора границ наблюдения. Во-вторых, различие в скорости сжатия указывает на неоднородность отраслевого комплекса. Производство облучающего и электронного оборудования, применяемого в медицинских целях, предъявляет более высокие требования к технологической базе и регуляторному допуску, чем производство медицинских инструментов, и выбытие участников в нем происходит быстрее. Отраслевой комплекс, рассматриваемый целиком, сохраняет более благоприятную картину за счет менее технологически емкого сегмента.

Для политики технологического суверенитета существенно именно ядро: национальный ориентир технологической независимости [32] относится прежде всего к оборудованию, а не к инструментальной части. Оценка, выполненная по полному охвату, в этом отношении оптимистична.

Измерение обновления дает результат, уточняющий оценку. Число организаций, разрабатывавших ППТ, снизилось с пикового значения 2021 г. в десять до двух в 2024 г. по полному охвату и с четырех до единицы по опорному ядру. При этом число разработанных технологий по опорному ядру выросло с двух в 2018 г. до пяти в 2024 г.

Разработка, таким образом, не прекратилась – она сконцентрировалась. Меньшее число организаций создает большее число технологий, и обновление по валовому показателю выглядит успешным, тогда как база, на которой оно происходит, сузилась в четыре – пять раз.

Измерение переориентации выполнено по структуре происхождения используемых технологий на 2025 г. (табл. 3). Из 519 ППТ, применявшихся организациями полного охвата, 41 (7,9%) разработана самими организациями, 262 (50,5%) приобретены в России и 216 (41,6%) – за рубежом. В разрезе организаций зарубежные технологии применяли 24 организации из 58, то есть 41,4%.

**Таблица 3. Происхождение передовых производственных технологий, используемых организациями медицинского промышленного комплекса Воронежской области, 2025 г.**
**Table 3. Origin of advanced production technologies used by organisations of the Voronezh Region medical industrial complex, 2025**

| Показатель | ОКВЭД 26.6 | ОКВЭД 32.5 | Полный охват | Доля в полном охвате, % |
|---|---|---|---|---|
| Число используемых ППТ – всего, ед. | 200 | 319 | 519 | 100 |
| в том числе разработанные в отчитывающейся организации | 16 | 25 | 41 | 7,9 |
| приобретенные в России | 106 | 156 | 262 | 50,5 |
| приобретенные за рубежом | 78 | 138 | 216 | 41,6 |
| Число организаций, использовавших ППТ, ед. | 16 | 42 | 58 | 100 |
| в том числе с технологиями собственной разработки | 5 | 8 | 13 | 22,4 |
| с технологиями, приобретенными в России | 15 | 37 | 52 | 89,7 |
| с технологиями, приобретенными за рубежом | 9 | 15 | 24 | 41,4 |

Примечание: сумма долей по организациям превышает 100%, поскольку одна организация может применять технологии разного происхождения.

Источник: рассчитано авторами по данным формы федерального статистического наблюдения № 1-технология.

Переориентация, следовательно, произошла лишь частично: отечественные источники обеспечивают половину применяемых технологий, но зарубежные сохраняют свыше двух пятых, а собственная разработка остается в пределах 8%.

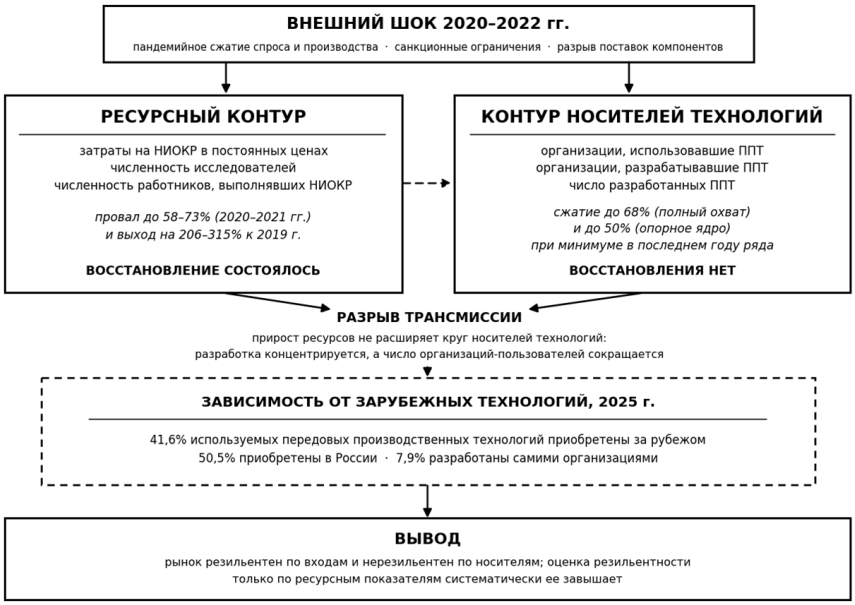
Общерегиональный фон подчеркивает выраженность полученной динамики. Индекс промышленного производства Воронежской области за 2025 г. по сравнению с 2024 г. составил 100% (агрегат по четырем укрупненным видам деятельности, включая обрабатывающие производства), то есть региональная промышленность в целом находилась в состоянии стагнации. Кратный рост ресурсного контура отраслевого комплекса на этом фоне свидетельствует о целевом характере поступающих в него средств, а продолжающееся сжатие контура носителей технологий – о том, что целевое финансирование не останавливает выбытие участников.

***Расхождение оценок и его интерпретация***

Четвертый результат состоит в объяснении полученного расхождения и в следствиях, которые из него вытекают.

Соотношение ресурсного контура и контура носителей технологий представлено на рис. 2. Внешний шок 2020–2022 гг. подействовал на оба, однако траектории после него разошлись: ресурсный контур восстановился с превышением, контур носителей технологий продолжил сжиматься. Между ними обнаруживается разрыв трансмиссии – прирост ресурсов не конвертируется в расширение круга носителей технологий.

Механизм разрыва прослеживается в данных. Рост затрат и численности исследователей сопровождается концентрацией разработки: число разработанных технологий растет при сокращении числа разрабатывающих организаций. Ресурс поступает в отраслевой комплекс и осваивается, но осваивается все более узким кругом участников. Одновременно сохраняется зависимость от зарубежных технологий: более двух пятых применяемых технологий приобретены за рубежом.




Источник: рассчитано и построено авторами.

Рис. 2. Расхождение контуров резильентности регионального рынка промышленной продукции медицинского назначения

Fig. 2. Divergence of the resilience circuits of the regional market for industrial medical products

Отсюда основной вывод исследования: региональный рынок промышленной продукции медицинского назначения резильентен по входам и нерезильентен по носителям, а оценка резильентности, построенная только на ресурсных показателях, систематически ее завышает.

Полученный результат согласуется с положением Е.В. Потапцевой и В.В. Акбердиной о том, что технологический суверенитет не сводится к замещению ввозимой продукции [8], и конкретизирует его: суверенитет не сводится и к наращиванию ресурсного обеспечения. Он расходится с той частью литературы, где резильентность региональной экономики измеряется агрегированными показателями [1, 3], – на отраслевом уровне агрегированный показатель усредняет два процесса противоположной направленности и скрывает существенный из них.

Для отраслевой политики отсюда следует, что мониторинг состояния регионального медицинского промышленного комплекса не может опираться на показатели затрат и кадров. Наблюдение за числом организаций, использующих и разрабатывающих технологии, должно вестись отдельно, а расхождение динамики ресурсного контура и контура носителей технологий – рассматриваться как самостоятельный управленческий сигнал. Рост ресурсного обеспечения при сжатии контура носителей технологий означает, что политика поддерживает оставшихся участников, но не восстанавливает выбывших и не привлекает новых.

Соотнесение с национальным ориентиром технологической независимости в 80% [32] показывает масштаб задачи применительно к рассматриваемому региону: доля технологий отечественного происхождения, включая собственные разработки, составляет в отраслевом комплексе 58,4%, то есть отстает от целевого уровня более чем на двадцать процентных пунктов.

***Сопоставление с результатами других исследований***

Полученная картина уточняет выводы работ, выполненных на том же предметном поле.

Д.А. Данилов и А.Д. Данилов связывают развитие рынка промышленной продукции медицинского назначения с цифровизацией и переходом к Индустрии 5.0 [16], а в теоретических положениях развития рынка Д.А. Данилов рассматривает цифровизацию как условие его роста [17]. Оценка зрелости рынка, предложенная им же в [18], опирается на характеристики инновационного развития. Результаты настоящего исследования показывают, что на региональном уровне эти характеристики способны улучшаться при одновременном сокращении числа организаций, которые их создают: затраты на исследования и разработки и численность исследователей выросли кратно, тогда как круг носителей технологий сузился. Зрелость, измеренная по инновационным характеристикам, и резильентность, измеренная по составу участников, в рассматриваемом случае расходятся.

Г.И. Яковлев и А.В. Стрельцов, анализируя организацию импортозамещающего производства высокотехнологичных изделий медицинского назначения, фиксируют организационные ограничения такого производства [20]. Данные по Воронежской области дают этому наблюдению количественное выражение: доля применяемых технологий отечественного происхождения достигла половины, однако произошло это при сокращении числа применяющих их организаций, то есть замещение источника технологии не сопровождалось расширением производственной базы.

Положение Ю.А. Ковальчук и И.М. Степнова о неустранимой неопределенности технологического будущего [13] объясняет, почему концентрация разработки в узком круге организаций представляет собой самостоятельный риск. Если траектория технологического развития не поддается однозначному прогнозированию, сокращение числа независимых разработчиков уменьшает число одновременно проверяемых вариантов, и система утрачивает способность к отбору. Показатель числа разработанных технологий, взятый отдельно, этот риск не обнаруживает.

***Ограничения полученных оценок***

Полученные оценки ограничены составом и полнотой наблюдения, и эти ограничения существенны для интерпретации.

Статистический охват сведен к двум видам экономической деятельности и не охватывает производство лекарственных средств, расходных материалов и программного обеспечения медицинского назначения. Наблюдаемый в работе комплекс уже, чем рынок промышленной продукции медицинского назначения в целом, как он описан в источниках [16–26], и выводы относятся именно к производству оборудования и инструментов.

Ряды наблюдений не полны. Число организаций, использовавших ППТ, не наблюдалось в 2020–2022 гг., и траектория внутри шокового окна восстановлена быть не может; известны лишь его начало и результат. Ряды числа организаций-разработчиков и числа разработанных технологий завершаются 2024 г. Значения 2018 г. по ряду показателей не подтверждены первичными таблицами и в расчете базы не использованы.

Наконец, сокращение числа организаций в статистике не отделено от изменения состава наблюдения и реклассификации видов деятельности. Утверждение о сжатии контура носителей технологий опирается на согласованность направления изменений по обоим вариантам охвата и по нескольким годам подряд, однако прямое разделение причин требует работы с микроданными и в настоящей работе не выполнялось.

**Заключение**

1. Разграничены дефиниции устойчивости и резильентности применительно к региональному рынку промышленной продукции медицинского назначения и определен состав измерений резильентности для отраслевого уровня. Новизна результата состоит в обосновании того, что в условиях политики технологического суверенитета измерения, фиксирующие возврат к предшоковому состоянию, теряют нормативный смысл: воспроизведение докризисной структуры технологического обеспечения означало бы сохранение прежней зависимости. Приоритет при оценке отраслевой резильентности переносится с сопротивляемости и восстановления на переориентацию и обновление.

2. Обосновано разделение регионального медицинского промышленного комплекса на ресурсный контур и контур носителей технологий и сформирована система показателей по каждому из них. Новизна состоит в том, что основанием разделения принято различие экономической природы показателей – измерение потока ресурсов против измерения численности субъектов, способных этот ресурс применить, – а не привычное деление на затратные и результативные индикаторы. Такое основание объясняет, почему динамика двух групп способна расходиться: выбытие участника уменьшает контур носителей технологий на единицу независимо от его размера и может не отразиться на ресурсном.

3. Резильентность ресурсного контура и контура носителей технологий оценена на материалах Воронежской области за 2019–2025 гг. Новизна состоит в получении количественной оценки расхождения: при провале ресурсных показателей до 58–73,5% от уровня 2019 г. и последующем выходе на 206–315,2% контур носителей технологий сократился до 68,2% по полному охвату и до 50% по опорному ядру, причем минимум ряда приходится на последний год наблюдения. Число организаций, разрабатывающих технологии, снизилось с десяти до двух при росте числа разработанных технологий, что указывает на концентрацию разработки, а не на ее прекращение.

4. Выявлено и объяснено расхождение оценок, полученных по ресурсному контуру и контуру носителей технологий. Новизна состоит в выделении разрыва трансмиссии – состояния, при котором прирост ресурсного обеспечения не конвертируется в расширение круга носителей технологий, – и в установлении того, что оценка отраслевой резильентности только по ресурсным показателям систематически ее завышает. Структура происхождения используемых технологий подтверждает ограниченность переориентации: 41,6% применяемых ППТ приобретены за рубежом, 50,5% – в России, 7,9% разработаны самими организациями.

Проведенное исследование показывает, что резильентность регионального рынка промышленной продукции медицинского назначения не является единой характеристикой и не может быть выражена одним показателем. Отраслевой комплекс, восстановивший и многократно превысивший предшоковый уровень ресурсного обеспечения, одновременно утратил треть организаций при полном охвате и половину в опорном ядре, сохранив при этом зависимость от зарубежных технологий свыше двух пятых применяемого парка. Каждая из этих характеристик, взятая отдельно, ведет к противоположным управленческим заключениям.

Практическое значение результата состоит в требовании к системе отраслевого мониторинга. Наблюдение за региональным медицинским промышленным комплексом, опирающееся на затраты и кадры, фиксирует благополучие там, где происходит сжатие производственной базы. Разделение показателей на ресурсный контур и контур носителей технологий и отслеживание расхождения между ними делает это сжатие видимым в пределах управленческого цикла, а не по факту утраты компетенций.

***Направления дальнейших исследований***

Полученные результаты ограничены одним регионом, двумя видами экономической деятельности и семилетним интервалом наблюдения, часть рядов внутри которого не полна. Это определяет направления продолжения работы.

Первое направление связано с расширением пространственного охвата. Сопоставление профилей резильентности по субъектам Российской Федерации, располагающим медицинским промышленным комплексом, позволит установить, является ли обнаруженный разрыв трансмиссии свойством отрасли или особенностью конкретного региона.

Второе направление состоит в достраивании контура носителей технологий показателями, не сводимыми к числу организаций: размерной структурой участников, интенсивностью их входа и выхода, устойчивостью кооперационных связей. Положение о формировании ценности конфигурацией участников [15] требует для проверки данных о самой конфигурации, а не только о ее мощности.

Третье направление касается переориентации. Структура происхождения используемых технологий наблюдалась в настоящей работе на одном срезе; построение динамического ряда по этому признаку позволит отличить устойчивое замещение источников от разовых закупок и соотнести региональную динамику с национальным ориентиром технологической независимости.

Четвертое направление связано с методами. Оценка, выполненная индексным способом, устанавливает факт расхождения, но не разделяет его причины – выбытие организаций, изменение состава наблюдения и реклассификацию видов деятельности. Разделение этих причин требует работы с микроданными и составляет самостоятельную методическую задачу.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Martin R., Sunley P. (2015) On the notion of regional economic resilience: conceptualization and explanation. *Journal of Economic Geography*, 15 (1), 1–42. DOI: 10.1093/jeg/lbu015

2. Simmie J., Martin R. (2010) The economic resilience of regions: towards an evolutionary approach. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 3 (1), 27–43. DOI: 10.1093/cjres/rsp029

3. Гамидуллаева Л.А. (2024) Региональная экономическая устойчивость: библиометрический анализ исследований. *π-Economy*, 17 (1), 70–87. DOI: 10.18721/JE.17105

4. Мерзликина Г.С., Могхарбел Н.О. (2026) Устойчивость vs резильентность региональной экономики. *Управленческий учет*, 3, 237–246. DOI: 10.25806/uu-6038

5. Квинт В.Л., Новикова И.В., Алимурадов М.К., Сасаев Н.И. (2022) Стратегирование технологического суверенитета национальной экономики. *Управленческое консультирование*, 9 (165), 57–67. DOI: 10.22394/1726-1139-2022-9-57-67

6. Сасаев Н.И. (2023) Стратегическая диагностика отраслевого развития России. *Экономическое возрождение России*, 3 (77), 139–154. DOI: 10.37930/1990-9780-2023-3-77-139-154

7. Сасаев Н.И. (2021) Теоретико-методологические основы стратегического анализа трендов в отраслевом стратегировании. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*, 4 (40), 5–15. DOI: 10.21685/2227-8486-2021-4-1

8. Потапцева Е.В., Акбердина В.В. (2023) Технологический суверенитет: понятие, содержание и формы реализации. *Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика*, 25 (3), 5–16. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2023.3.1

9. Гарина Е.П., Кузнецов В.П. (2025) Национальные приоритеты и региональные аспекты обеспечения технологического лидерства в промышленности России. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*, 3 (79), 25–37. DOI: 10.52452/18115942_2025_3_25

10. Савченко Е.Е. (2024) Региональный аспект технологического суверенитета – приоритетные векторы развития. *Экономика, предпринимательство и право*, 14 (9), 5105–5120. DOI: 10.18334/epp.14.9.121551

11. Горячева Т.В., Мызрова О.А. (2023) Подход к классификации факторов, оказывающих влияние на формирование и развитие технологического суверенитета Российской Федерации. *Инновационная деятельность*, 2 (65), 29–42.

12. Абдикеев Н.М., Абросимова О.М., Фуфаев М.Д. (2025) Оценка влияния факторов интеллектуального промышленного производства на достижение технологического суверенитета. *Бизнес. Образование. Право*, 3 (72), 13–18. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.72.1374

13. Ковальчук Ю.А., Степнов И.М. (2019) Исследование неопределенности технологического будущего. *Вестник МГИМО-Университета*, 12 (6), 214–224. DOI: 10.24833/2071-8160-2019-6-69-214-224

14. Shelomentsev A.G., Goncharova K.S., Stepnov I.M., Kovalchuk J.A., Lan D.H., Golov R.S. (2021) Strategic Innovation as a Factor of Adaptation of National Economies to the Development of Global Value Chains. *Sustainability*, 13 (17), art. no. 9765. DOI: 10.3390/su13179765

15. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. (2020) Измерение ценности в бизнес-моделях совместного использования. *Управленец*, 11 (5), 58–69. DOI: 10.29141/2218-5003-2020-11-5-5

16. Данилов Д.А., Данилов А.Д. (2024) Развитие рынка промышленной продукции медицинского назначения в условиях цифровизации и Индустрии 5.0. *π-Economy*, 17 (5), 45–60. DOI: 10.18721/JE.17503

17. Данилов Д.А. (2024) Теоретические положения развития рынка промышленной продукции медицинского назначения в условиях цифровизации экономики. *Организатор производства*, 32 (2), 73–81. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.39.34.007

18. Данилов Д.А. (2025) Аналитические аспекты исследования зрелости рынка в контексте инновационного развития рынка промышленной продукции медицинского назначения. *Экономика и управление: проблемы, решения*, 9 (9 (162)), 126–132. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.09.09.013

19. Морозова Ю.А. (2025) Стратегические тенденции инновационного развития медицинской промышленности в России и мире. *Экономика промышленности*, 18 (3), 421–432. DOI: 10.17073/2072-1633-2025-3-1488

20. Яковлев Г.И., Стрельцов А.В. (2023) Особенности организации импортозамещающего производства высокотехнологичных изделий медицинского назначения. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 5, 162–169. DOI: 10.17513/vaael.2822

21. Зуенкова Ю.А. (2024) Анализ рынка инновационного медицинского изделия для оценки инвестиционного потенциала. *Вестник МИРБИС*, 4 (40), 139–149. DOI: 10.25634/MIRBIS.2024.4.16

22. Самойлова А.В. (2025) Трансформация рынка медицинских изделий: тренды, решения и перспективы развития. *Вестник Росздравнадзора*, 5, 6–19.

23. Тонконог В.В. (2024) Вопросы формирования и функционирования общего рынка медицинского оборудования и изделий в рамках Евразийского экономического союза. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*, 32 (4), 778–784. DOI: 10.32687/0869-866X-2024-32-4-778-784

24. Золотов А.А. (2024) Глобальные тенденции и конкурентные возможности России на мировом рынке медицинских изделий. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 14 (4-1), 135–147.

25. Эндрю Г.Ф. (2025) Развитие мирового рынка медицинского оборудования в начале 2020-х годов. *Российский внешнеэкономический вестник*, 3, 116–130. DOI: 10.24412/2072-8042-2025-3-116-130

26. Ozhgikhin I., Rudskaya I., Abdulayeva I. (2023) Analysis of the Medical Equipment Market of the Russian Federation: Features and Prospects of Its Development. *Sustainable Development and Engineering Economics*, 2 (8), 40–52. DOI: 10.48554/SDEE.2023.2.3

27. Mejtoft T., Lindahl O., Öhberg F., Pommer L., Jonzén K., Andersson B.M., Eklund A., Wåhlin A., Hallberg P. (2022) Medtech Innovation Guide: an empiric model to support medical technology innovation. *Health and Technology*, 12, 911–922. DOI: 10.1007/s12553-022-00689-0

28. Garcia Gonzalez-Moral S., Beyer F.R., Oyewole A.O., Wainwright L., Craig D. (2023) Looking at the fringes of MedTech innovation: a mapping review of horizon scanning and foresight methods. *BMJ Open*, 13 (9), art. no. e073730. DOI: 10.1136/bmjopen-2023-073730

29. Krämer A., Franco C., Hartung-Linz F., Thom E. (2026) *Medical Device Management: A Comprehensive Guide to Markets, Marketing, and Regulations*, Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-032-03577-6

30. Zhou K., Gattinger G. (2024) The Evolving Regulatory Paradigm of AI in MedTech: A Review of Perspectives and Where We Are Today. *Therapeutic Innovation & Regulatory Science*, 58, 456–464. DOI: 10.1007/s43441-024-00628-3

31. Кучеренко А.И. (2025) Концептуальные аспекты оценки эффективности осуществления национальных проектов в контексте достижения технологического лидерства. *Управленческий учет*, 2, 109–118. DOI: 10.25806/uu-5051

32. Гареев Т.Р. (2023) Технологический суверенитет: от концептуальных противоречий к практической реализации. *Terra Economicus*, 21 (4), 38–54. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-4-38-54

33. Бабкин А.В., Мерзликина Г.С. (2025) Устойчивое развитие экономических систем: эссенциальное содержание и критерии оценки. *Экономика и управление*, 31 (7), 834–853. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-7-834-853

## REFERENCES

1. Martin R., Sunley P. (2015) On the notion of regional economic resilience: conceptualization and explanation. *Journal of Economic Geography*, 15 (1), 1–42. DOI: 10.1093/jeg/lbu015

2. Simmie J., Martin R. (2010) The economic resilience of regions: towards an evolutionary approach. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 3 (1), 27–43. DOI: 10.1093/cjres/rsp029

3. Gamidullaeva L.A. (2024) Regional economic resilience: bibliometric analysis of the research. *π-Economy*, 17 (1), 70–87. DOI: 10.18721/JE.17105

4. Merzlikina G.S., Mogharbel N.O. (2026) Sustainability vs resilience of the regional economy. *Upravlencheskii uchet* [*Management accounting*], 3, 237–246. DOI: 10.25806/uu-6038

5. Kvint V.L., Novikova I.V., Alimuradov M.K., Sasaev N.I. (2022) Strategizing the National Economy during a Period of Burgeoning Technological Sovereignty. *Administrative Consulting*, 9, 57–67. DOI: 10.22394/1726-1139-2022-9-57-67

6. Sasaev N.I. (2023) Strategic Diagnostics of Russia's Sectoral Development. *Economic Revival of Russia*, 3 (77), 139–154. DOI: 10.37930/1990-9780-2023-3-77-139-154

7. Sasaev N.I. (2021) Theoretical and methodological foundations of strategic trend analysis in industrial strategizing. *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*, 4, 5–15. DOI: 10.21685/2227-8486-2021-4-1

8. Potaptseva E.V., Akberdina V.V. (2023) Technological Sovereignty: Concept, Content, and Forms of Implementation. *Journal of Volgograd State University. Economics*, 25 (3), 5–16. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2023.3.1

9. Garina E.P., Kuznetsov V.P. (2025) National priorities and regional aspects of ensuring technological leadership in Russian industry. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. Series Social Sciences*, 3 (79), 25–37. DOI: 10.52452/18115942_2025_3_25

10. Savchenko E.E. (2024) Regional aspect of technological sovereignty: priority development vectors. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 14 (9), 5105–5120. DOI: 10.18334/epp.14.9.121551

11. Goryacheva T.V., Myzrova O.A. (2023) Podkhod k klassifikatsii faktorov, okazyvayushchikh vliyanie na formirovanie i razvitie tekhnologicheskogo suvereniteta Rossiyskoy Federatsii [An approach to the classification of factors influencing the formation and development of technological sovereignty of the Russian Federation]. *Innovation activity*, 2 (65), 29–42.

12. Abdikeev N.M., Abrosimova O.M., Fufaev M.D. (2025) Assessing the impact of intelligent industrial production factors on achieving technological sovereignty. *Business. Education. Law*, 3 (72), 13–18. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.72.1374

13. Kovalchuk J., Stepnov I. (2019) Research of the Technological Future's Uncertainty. *MGIMO Review of International Relations*, 12 (6), 214–224. DOI: 10.24833/2071-8160-2019-6-69-214-224

14. Shelomentsev A.G., Goncharova K.S., Stepnov I.M., Kovalchuk J.A., Lan D.H., Golov R.S. (2021) Strategic Innovation as a Factor of Adaptation of National Economies to the Development of Global Value Chains. *Sustainability*, 13 (17), art. no. 9765. DOI: 10.3390/su13179765

15. Stepnov I.M., Kovalchuk Yu.A. (2020) Measuring value created by business models in the sharing economy. *The Manager*, 11 (5), 58–69. DOI: 10.29141/2218-5003-2020-11-5-5

16. Danilov D.A., Danilov A.D. (2024) Development of the market for industrial medical products in the context of digitalization and Industry 5.0. *π-Economy*, 17 (5), 45–60. DOI: 10.18721/JE.17503

17. Danilov D.A. (2024) Theoretical provisions of the development of the market of industrial products for medical purposes in the conditions of digitalisation of the economy. *Organizer of production*, 32 (2), 73–81. DOI: 10.36622/1810-4894.2024.39.34.007

18. Danilov D.A. (2025) Analytical aspects of market maturity research in the context of innovative development of the market for industrial medical products. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 9 (9 (162)), 126–132. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.09.09.013

19. Morozova Yu.A. (2025) Strategic trends in the innovative development of the medical industry in Russia and the world. *Russian Journal of Industrial Economics*, 18 (3), 421–432. DOI: 10.17073/2072-1633-2025-3-1488

20. Yakovlev G.I., Streltsov A.V. (2023) Features of the organization of import-substituting production of high-tech medical products. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 5, 162–169. DOI: 10.17513/vaael.2822

21. Zuyenkova Y.A. (2024) Analysis of the market of innovative medical products to assess investment potential. *Vestnik MIRBIS* [*Bulletin of Moscow International Higher Business School*], 4 (40), 139–149. DOI: 10.25634/MIRBIS.2024.4.16

22. Samoylova A.V. (2025) Transformation of the medical device market: trends, solutions, and development prospects. *Vestnik Roszdravnadzora*, 5, 6–19.

23. Tonkonog V.V. (2024). The issues of development and functioning of common market of medical equipment and articles within the framework of the Eurasian Economic Union. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniia i istorii meditsiny*, 32 (4), 778–784. DOI: 10.32687/0869-866X-2024-32-4-778-784

24. Zolotov A.A. (2024) Global trends and competitive opportunities of Russia in the global market of medical devices. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 14 (4A), 135–147.

25. Andrew G.F. (2025) Global Medical Products Market in the Early 2020s.. *Russian Foreign Economic Journal*, 3, 116–130. DOI: 10.24412/2072-8042-2025-3-116-130

26. Ozhgikhin I., Rudskaya I., Abdulayeva I. (2023) Analysis of the Medical Equipment Market of the Russian Federation: Features and Prospects of Its Development. *Sustainable Development and Engineering Economics*, 2 (8), 40–52. DOI: 10.48554/SDEE.2023.2.3

27. Mejtoft T., Lindahl O., Öhberg F., Pommer L., Jonzén K., Andersson B.M., Eklund A., Wåhlin A., Hallberg P. (2022) Medtech innovation guide: an empiric model to support medical technology innovation. *Health and Technology*, 12, 911–922. DOI: 10.1007/s12553-022-00689-0

28. Garcia Gonzalez-Moral S., Beyer F.R., Oyewole A.O., Wainwright L., Craig D. (2023) Looking at the fringes of MedTech innovation: a mapping review of horizon scanning and foresight methods. *BMJ Open*, 13 (9), art. no. e073730. DOI: 10.1136/bmjopen-2023-073730

29. Krämer A., Franco C., Hartung-Linz F., Thom E. (2026) *Medical Device Management: A Comprehensive Guide to Markets, Marketing, and Regulations*, Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-032-03577-6

30. Zhou K., Gattinger G. (2024) The Evolving Regulatory Paradigm of AI in MedTech: A Review of Perspectives and Where We Are Today. *Therapeutic Innovation & Regulatory Science*, 58, 456–464. DOI: 10.1007/s43441-024-00628-3

31. Kucherenko A.I. (2025) Conceptual aspects of evaluating the effectiveness of national projects in the context of achieving technological leadership. *Upravlencheskii uchet* [*Management accounting*], 2, 109–118. DOI: 10.25806/uu-5051

32. Gareev T.R. (2023) Technological sovereignty: From conceptual contradiction to practical implementation. *Terra Economicus*, 21 (4), 38–54. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-4-38-54

33. Babkin A.V., Merzlikina G.S. (2025) Sustainable development of economic systems: Essential content and evaluation criteria. *Economics and Management*, 31 (7), 834–853. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-7-834-853

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**ДАНИЛОВ Дмитрий Александрович**
E-mail: danilovd2024@yandex.ru
**Dmitry A. DANILOV**
E-mail: danilovd2024@yandex.ru

**АДИАНОВ Илья Александрович**
E-mail: adianov55@yandex.ru
**Ilya A. ADIANOV**
E-mail: adianov55@yandex.ru

*Поступила: 20.09.2026; Одобрена: 19.10.2026; Принята: 20.10.2026.*
*Submitted: 20.09.2026; Approved: 19.10.2026; Accepted: 20.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 115–134.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 115–134.

Научная статья
УДК 332.14
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19507
EDN: https://elibrary/GFAGXZ

# РЕЗИЛЬЕНТНОСТЬ КАК СТРАТЕГИЯ УСТОЙЧИВОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РЕГИОНОВ

**Е.М. Латанов** ✉

Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Мытищи, Российская Федерация

✉ latanove@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается резильентность старопромышленных и горнопромышленных регионов как способность сохранять значимые социально-экономические функции при неблагоприятных воздействиях, восстанавливаться после нарушений и изменять структуру развития, если возврат к прежней модели воспроизводит уязвимости. Разграничены резильентность, устойчивость, адаптивность и трансформируемость. Показано, что промышленное наследие создает для таких территорий одновременно ресурс развития – производственные связи, инфраструктуру и профессиональные компетенции – и ограничения, связанные с отраслевой концентрацией, состоянием инфраструктуры и накопленным экологическим ущербом. Рассмотрены возможности применения ГОСТ Р ИСО 37123–2023 «Устойчивое развитие сообществ. Показатели для адаптивных городов» при анализе старопромышленных регионов. Предложен подход, при котором резильентность связывается с устойчивой конкурентоспособностью территории через диверсификацию экономики, технологическое обновление, развитие человеческого капитала, модернизацию инфраструктуры и восстановление природных функций. На примерах территории опережающего социально-экономического развития в Набережных Челнах и экологической «Серной программы» в Норильске показано, почему наличие управленческого решения или запуск отдельного проекта нельзя автоматически отождествлять с уменьшением структурной уязвимости территории. Концептуальный подход строится на совместном рассмотрении экономического, социального, инфраструктурного, экологического и институционального блоков региональной системы, а показатели распределяются по их роли во времени: исходной уязвимости, реакции на воздействие, восстановлению функций и долгосрочному структурному изменению. Обосновано, что единицей анализа должны выступать не только отдельные предприятия и отрасли, но и связи между населением, хозяйством, коммунальными и транспортными сетями, институтами управления и природной средой. Показано, что оценка диверсификации требует учитывать структуру занятости, устойчивость новых производственных связей и зависимость создаваемых предприятий от прежних рынков и инфраструктурных ограничений. Технологическую модернизацию предложено оценивать по фактически достигнутым показателям производительности, ресурсной и экологической эффективности, безопасности, занятости и состояния окружающей среды, а развитие человеческого капитала – по востребованности новых квалификаций и результатам последующего трудоустройства. Сформулированы требования к определению территориальных границ, сценария воздействия, источников данных, периода наблюдения и правил интерпретации показателей. Полученные результаты формируют концептуальную основу для последующей эмпирической проверки подхода на региональных и муниципальных данных и разработки воспроизводимой системы мониторинга резильентности старопромышленных и горнопромышленных территорий.

**Ключевые слова:** резильентность, устойчивое развитие, региональная экономика, старопромышленный регион, горнопромышленный регион, конкурентоспособность территории, адаптивность, природный капитал

**Для цитирования:** Латанов Е.М. (2026) Резильентность как стратегия устойчивой конкурентоспособности регионов. π-Economy, 19 (5), 115–134. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19507

© Латанов Е.М., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19507

# RESILIENCE AS A STRATEGY FOR SUSTAINABLE COMPETITIVENESS OF REGIONS

**E.M. Latanov** ✉

Environmental Industrial Policy Centre (EIPC) Research Institute,
Mytishchi, Russian Federation

✉ latanove@mail.ru

**Abstract.** The article considers the resilience of old-industrial and mining regions as the ability to maintain significant socio-economic functions under adverse conditions, recover from disruptions, and change the development strategy if a return to the previous model reproduces previous vulnerabilities. The author analyses such definitions as resilience, sustainability, adaptability, and transformability. The article shows that the industrial heritage forms both a development resource for such territories – production links, infrastructure, and professional competencies – and limitations related to sectoral concentration, the state of infrastructure, and accumulated environmental damage. The author considers opportunities for applying ISO 37123:2019 "Sustainable cities and communities – Indicators for resilient cities, IDT" for the analysis of old-industrial regions. The article proposes an approach, according to which resilience is linked to the sustainable competitiveness of a territory through the economic diversification, technological renewal, human capital development, infrastructure modernization, and restoration of natural functions. Using the examples of the territory of advanced socio-economic development in Naberezhnye Chelny and the environmental "Sulfur Program" in Norilsk, the author shows that the presence of a management decision or the launch of a separate project cannot be automatically equated with a reduction in the structural vulnerability of a territory. The conceptual approach is based on the integrated analysis of the economic, social, infrastructural, environmental, and institutional components of the regional system, with indicators categorized according to their temporal role: baseline vulnerability, response to impact, functional recovery, and long-term structural change. It is argued that the unit of analysis should encompass not only individual enterprises and industries but also the interconnections among the population, the economy, utility and transport networks, governance institutions, and the natural environment. The study demonstrates that assessing diversification requires considering employment structures, the stability of new production linkages, and the extent to which new enterprises depend on legacy markets and infrastructural constraints. It is proposed that technological modernization be evaluated based on realized metrics of productivity, resource and environmental efficiency, safety, employment, and environmental quality, while human capital development is assessed through the demand for new skill sets and subsequent employment outcomes. Requirements are established for defining territorial boundaries, impact scenarios, data sources, observation periods, and rules for interpreting indicators. These findings provide a conceptual framework for the subsequent empirical validation of the approach using regional and municipal data, as well as for developing a replicable monitoring system for the resilience of old-industrial and mining regions.

**Keywords:** resilience, sustainable development, regional economy, old-industrial region, mining-industrial region, territorial competitiveness, adaptability, natural capital

**Citation:** Latanov E.M. (2026) Resilience as a strategy for sustainable competitiveness of regions. π-Economy, 19 (5), 115–134. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19507

## Введение

### *Актуальность исследования*

Восстановление выпуска после экономического спада не обязательно означает, что регион стал менее уязвимым. Производство может достичь прежнего уровня при сохранении зависимости от одного рынка, изношенных коммунальных сетей или ограниченных возможностей трудоустройства вне ведущей отрасли. Поэтому при исследовании последствий кризиса важно

© Latanov E.M., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

различать два результата: возвращение показателей к исходным значениям и изменение условий, при которых возникли потери.

После финансового кризиса 2008 г. и более поздних кризисных явлений 2020 г. интерес исследователей к резильентности экономических систем усилился. В эмпирических исследованиях региональная экономическая резильентность оценивается с учетом отраслевой структуры, уровня диверсификации, инновационной активности, качества инфраструктуры и способности экономики восстанавливать производство и занятость после кризиса [1]. Исследования промышленных территорий показывают, что реакция на кризис зависит не только от глубины первоначального спада, но и от характера производственных связей, возможностей предприятий и накопленных ресурсов адаптации [2]. В регионах с высокой долей обрабатывающей промышленности оценку резильентности целесообразно дополнять анализом промышленной реструктуризации и экологических ограничений [3].

Для оценки реакции территорий используются, в частности, такие показатели, как динамика выпуска продукции, уровни занятости и безработицы. Эти показатели описывают глубину спада и темпы восстановления, но не отвечают на другой вопрос: сохранил ли регион прежние источники риска. В статье резильентность рассматривается одновременно в двух аспектах – как способность преодолеть нарушение и как характеристика последующих изменений.

Таким образом, объектом исследования является резильентность старопромышленных и горнопромышленных регионов как способность сохранять значимые социально-экономические функции при неблагоприятных воздействиях, восстанавливаться после нарушений и изменять структуру развития, если возврат к прежней модели воспроизводит уязвимости.

Ключевая идея исследования состоит в том, что восстановление прежних значений выпуска и занятости необходимо отличать от уменьшения структурной уязвимости территории. В отличие от трактовок, ограничивающих резильентность сопротивлением воздействию или возвращением к исходному состоянию, в статье она связывается также с последующими изменениями условий регионального развития.

***Литературный обзор***

Понятие «резильентность» широко используется в исследованиях территориального и экономического развития, однако его содержание остается дискуссионным. В частности, обращается внимание на различия между резильентностью как способностью системы возвращаться к прежнему состоянию и резильентностью как способностью изменять траекторию развития [4]. В региональных исследованиях она рассматривается как совокупность свойств, обеспечивающих сопротивление воздействию, восстановление и структурную адаптацию территории [5]. При этом резильентность необходимо отличать от устойчивого развития: первая категория характеризует поведение системы при нарушениях, тогда как вторая задает долгосрочную направленность социально-экономических и экологических преобразований [6].

В рамках подхода, основанного на возможностях, резильентность определяется не только динамикой производства или занятости, но и способностью территории сохранять и расширять возможности населения, организаций и институтов действовать в изменившихся условиях [7].

Исторические исследования показывают, что задачи обеспечения жизнестойкости территорий возникали и в более ранние периоды развития российской экономики, в том числе применительно к организации хозяйства и снабжения промышленных районов Урала [8].

Для старопромышленных и горнопромышленных территорий России такой подход вполне оправдан. Их промышленная специализация складывалась десятилетиями: добыча сырья, металлургия и сопутствующие производства определили расположение городов, транспортных и энергетических сетей, характер производственной кооперации и профессиональных навыков местного населения. Включение предприятий в зеленые цепочки создания стоимости может способствовать распространению требований ресурсной и экологической эффективности между

участниками производственной кооперации и создавать дополнительные стимулы для модернизации на региональном уровне [9].

Исследования старопромышленных регионов показывают, что сложившаяся специализация одновременно формирует ресурсы адаптации и создает зависимость от прежней траектории развития [10]. Сопоставление старопромышленных, сельских и метрополитенских территорий также свидетельствует о различиях в характере их реакции на последовательные экономические шоки [11]. Вместе с тем решения о размещении предприятий и инфраструктуры закрепили зависимость целого ряда муниципалитетов от узкого круга производств. Износ фондов, экологические ограничения и отток населения проявляются в различных регионах по-разному, и правильнее рассматривать их не как универсальный набор признаков, а как возможные взаимосвязанные уязвимости конкретной территории.

В практике регионального управления это различие проявляется как разрыв между заявленной целью меры и ее фактическим результатом. Для сокращения такого разрыва проекты развития и эколого-технологической модернизации необходимо оценивать по системе критериев, охватывающей технологические, экологические, экономические и организационные результаты [12]. Обоснованность управленческих и инвестиционных решений требует использования проверяемых критериев и доказательной базы, позволяющих отделить декларируемые цели в проекте создания или модернизации производства от фактически достигнутого (достигаемого) социально-экономического или экологического эффекта. Создание условий для новых производств может свидетельствовать о попытке диверсифицировать экономику, но само по себе не показывает, изменилась ли структура занятости. Аналогично и в эколого-технологической сфере: факт запуска нового производственного и природоохранного оборудования не отменяет необходимость оценивать реально достигаемое снижение эмиссий загрязняющих веществ, воздействие на состояние окружающей среды и качество жизни населения. Экологическая результативность промышленной модернизации зависит не только от характеристик установленного оборудования, но и от изменения производственных процессов, системы операционного управления и используемых методов контроля [13].

Критическое осмысление резильентности старопромышленных регионов показывает необходимость различать сопротивление изменениям и формирование новых траекторий развития [14, 15]. В российских исследованиях выделяются структурные, социально-экономические, институциональные и территориальные факторы резильентности [16–19]; системная резильентность промышленности связывается с перестройкой производственных связей, замещением ресурсов и освоением технологий [20–22]. Исследования монопрофильных территорий акцентируют положение ведущего предприятия, структуру занятости, бюджетную зависимость, муниципальное управление и реалистичность диверсификации [23–26].

Прикладные исследования инженерных систем, природного капитала, инновационной активности, наилучших доступных технологий и открытых экологических коллабораций дополняют экономическую трактовку резильентности инфраструктурными, экологическими и организационными аспектами [27–31]. Тем самым российские публикации преимущественно конкретизируют факторы и инструменты адаптации территорий, тогда как зарубежные исследования подробнее раскрывают различия между восстановлением, сопротивлением, адаптацией и сменой траектории развития [1–5, 7, 10, 11, 14, 15].

Нерешенная научная задача состоит в формировании концептуального подхода, который позволяет применительно к старопромышленным и горнопромышленным регионам отличать восстановление прежней модели от уменьшения структурной уязвимости, связывать резильентность с устойчивой конкурентоспособностью и корректно использовать показатели ГОСТ Р ИСО 37123–2023 на региональном уровне.

**Цель** статьи – разработать и обосновать концептуальный подход к оценке и формированию резильентности старопромышленных и горнопромышленных регионов как условия их устойчивой конкурентоспособности, позволяющий отличать восстановление прежней модели развития от снижения структурной уязвимости территории. Подход предусматривает комплексное рассмотрение экономических, социальных, инфраструктурных, экологических и институциональных взаимосвязей региональной системы, учет промышленного наследия и систематизацию показателей исходной уязвимости, реакции на неблагоприятное воздействие, восстановления функций и долгосрочных структурных изменений.

Для достижения цели поставлены следующие **задачи**:

1) разграничить резильентность, устойчивость, адаптивность и трансформируемость применительно к региональному развитию;

2) выявить, каким образом промышленное наследие формирует ресурсы развития и структурные уязвимости старопромышленных и горнопромышленных регионов;

3) определить возможности и ограничения применения ГОСТ Р ИСО 37123–2023 при анализе региональной резильентности;

4) систематизировать показатели и основные направления формирования резильентности как условия устойчивой конкурентоспособности территории;

5) на примерах ТОСЭР «Набережные Челны» и «Серной программы» ПАО «ГМК «Норильский никель» показать различие между управленческим решением, непосредственным результатом проекта и уменьшением структурной уязвимости территории.

**Методы и материалы**

Работа носит концептуальный характер: рассматриваемые показатели и предлагаемые подходы закладывают основу для последующей проверки на региональных данных, но сами по себе результатом такой проверки не являются.

Материалами исследования послужили российские и зарубежные научные публикации по региональной и промышленной резильентности, устойчивому развитию, инновациям, инфраструктурным и экологическим ограничениям; положения ГОСТ Р ИСО 37123–2023 «Устойчивое развитие сообществ. Показатели для адаптивных городов»; сведения о ТОСЭР «Набережные Челны» и экологической «Серной программе» в Норильске, используемые как иллюстративные примеры управленческого и технологического ответа на выявленные уязвимости.

Применены методы сравнительного анализа понятий, систематизации научных подходов, структурно-функционального анализа региональной системы и сценарной интерпретации показателей. Последовательность исследования включала: разграничение близких понятий; выделение экономического, социального, экологического и институционального блоков региональной резильентности; анализ особенностей старопромышленных и горнопромышленных территорий; соотнесение показателей с исходной уязвимостью, реакцией на воздействие, восстановлением функций и долгосрочным изменением; проверку логики подхода на двух иллюстративных примерах.

Поскольку работа носит концептуальный характер, приведенные примеры не используются для количественной оценки регионов и не рассматриваются как доказательство завершенной трансформации. Воспроизводимость подхода обеспечивается явным указанием объекта, территориального уровня, сценария воздействия, источников данных, периода наблюдения и роли каждого показателя в анализе.

**Результаты и обсуждение**

***Резильентность как научная категория и региональный феномен***

*Содержание понятия резильентности*

Понятие резильентности первоначально использовалось при изучении реакции экологических систем на воздействия, нарушающие их привычное функционирование. В дальнейшем его стали применять к социальным и экономическим системам. При таком переносе меняется объект анализа: для региона важно не только сохранение отдельных элементов, но и непрерывность занятости, базовых услуг и управления при изменении внешних условий.

В статье под резильентностью региона понимается способность ограничивать последствия неблагоприятного воздействия, поддерживать критически важные функции, восстанавливать их после нарушения и использовать восстановление для уменьшения выявленных уязвимостей. Последняя часть определения не означает, что любое изменение экономики полезно. Его следует оценивать по тому, ослабляет ли оно зависимость территории от факторов, вызвавших или усиливших кризис, и сохраняет ли возможность выполнять базовые социально-экономические функции.

Стабильность характеризует сравнительно небольшие колебания состояния системы; она возможна и при сохранении скрытых уязвимостей. Устойчивость в контексте данной статьи относится к долгосрочной жизнеспособности территории с учетом экономических, социальных, институциональных и экологических условий. Резильентность описывает реакцию на нарушение, от которой эта долгосрочная жизнеспособность зависит. Способность территории сохранить существующую структуру не всегда означает ее резильентность. В старопромышленном регионе сопротивление изменениям может поддерживать занятость и выпуск в краткосрочном периоде, но одновременно препятствовать формированию новых направлений развития и воспроизводить структурную уязвимость [14]. Поэтому резильентное промышленное развитие предполагает сочетание устойчивости к шокам, готовности к изменениям и способности формировать новые технологические и производственные траектории [15].

Адаптивность – способность менять способы действия при новых или изменившихся условиях; трансформируемость – возможность и сложность перехода к иной структуре хозяйства и институтов.

Однако из сказанного не следует, что адаптация и трансформируемость противопоставлены резильентности, – они не совпадают с ней, а отражают разные способы отклика на изменение внешних условий. Чтобы оценить резильентность в более широком смысле, нужно дополнительно выяснить, снизилась ли структурная зависимость и появились ли предпосылки для дальнейшего развития. Это особенно значимо там, где повторный запуск прежней модели одновременно воспроизводит и экологические, и социальные издержки.

Отметим: эти свойства вовсе не обязаны следовать друг за другом в каком-то заданном порядке. Восстановление может произойти быстро и без структурных сдвигов, а преобразование хозяйства – растянуться на годы и сопровождаться временными потерями занятости, доходов или доступности отдельных услуг. Поэтому отсутствие немедленной трансформации не означает отсутствия резильентности, но и быстрое возвращение к прежним показателям не доказывает снижения уязвимости.

*Региональный аспект резильентности*

Региональная резильентность не равна сумме показателей отдельных предприятий (рис. 1). Остановка крупного производства может затронуть муниципальный бюджет, систему теплоснабжения, занятость в соседних поселениях и загрузку транспортной инфраструктуры. И наоборот, успешная модернизация предприятия не обязательно улучшает положение работников,




Источник: составлено автором.

Рис. 1. Взаимосвязь резильентности региона и основных компонентов системы устойчивого развития

Fig. 1. Relationship between the resilience of a region and the main components of the sustainable development system

если она сопровождается сокращением рабочих мест без появления других возможностей трудоустройства. Поэтому единицей анализа должны быть не только отрасли, но и связи между населением, хозяйством, инфраструктурой и природной средой.

Экономический блок включает:

- структуру производства и занятости;
- доступность инвестиций;
- зависимость от отдельных рынков;
- способность организаций менять продукцию или технологии.

Социальный блок связан с доходами, квалификацией работников, доступностью услуг и миграционными процессами.

В экологическом блоке имеют значение как текущее загрязнение окружающей среды, так и состояние (и ассимиляционный потенциал) природных систем, от которых зависят водоснабжение, использование земель и качество жизни.

Институциональный блок показывает, могут ли органы власти и другие участники согласованно выявлять риски и действовать при нарушении привычных связей.

Эти блоки следует рассматривать комплексно. Крупное предприятие обеспечивает занятость и налоговые поступления – и одновременно остается источником риска чрезмерной концентрации производства. Разветвленная сеть коммунальной инфраструктуры расширяет доступ к услугам, но при значительном износе увеличивает объем обязательств по ее содержанию. Высокая плотность населения облегчает организацию обслуживания территории, но вместе с тем повышает число людей, которых может затронуть крупная авария. Иными словами, один и тот же аспект способен одновременно усиливать текущую конкурентоспособность и создавать уязвимость – все зависит от сценария воздействия.

Оценку резильентности логично начинать именно с определения таких сценариев и границ анализируемой системы. Для аварии на инфраструктурном объекте ключевым может оказаться время восстановления услуги, для падения спроса на продукцию ведущей отрасли – изменение занятости и доходов, для длительного экологического воздействия – состояние природных

функций. Без учета характера воздействия сравнение регионов по единому показателю мало что даст.

В российских исследованиях региональной резильентности выделяются структурные, социально-экономические, институциональные и территориальные факторы, определяющие способность экономики реагировать на нарушения [16]. Применительно к промышленным регионам предлагается различать экономику сопротивления, ориентированную на сохранение сложившейся структуры, и резильентную экономику, способную формировать новые направления развития [17]. При этом возможности адаптации имеют пределы: приспособление к изменившимся условиям без структурной трансформации способно закреплять накопленные диспропорции [18]. В качестве факторов устойчивости территории рассматриваются диверсификация экономики, состояние инфраструктуры, человеческий капитал, качество управления и способность институтов согласовывать действия участников регионального развития [19].

Оценка системной резильентности промышленности предполагает анализ не только краткосрочного изменения выпуска, но и способности предприятий и региональных производственных систем перестраивать связи, замещать недоступные ресурсы и осваивать новые технологии [20]. В теоретическом отношении резильентность региона характеризуется сочетанием сопротивляемости, адаптивности, восстанавливаемости и трансформируемости [21]. Прикладные исследования российских регионов показывают, что динамика промышленного производства после внешнего воздействия может существенно различаться даже при сходной отраслевой специализации [22].

Особенно значима эта проблема для монопрофильных территорий. Их «ударопрочность» определяется положением ведущего предприятия, структурой занятости, бюджетной зависимостью и наличием реалистичных направлений диверсификации [23]. Сравнительная оценка регионов в условиях внешних ограничений позволяет выявлять различия в глубине первоначального спада и скорости последующего восстановления [24]. Для монопрофильных территорий экономическая неопределенность усиливает значение муниципального управления, взаимодействия с ведущими предприятиями и формирования альтернативных видов деятельности [25].

В металлургических регионах устойчивость территории во многом зависит от стратегической резильентности ведущих предприятий, включая их способность обеспечивать непрерывность деятельности, диверсифицировать поставки, управлять рисками и осуществлять технологическое обновление [26]. Вместе с тем корпоративная резильентность ведущего предприятия не должна автоматически отождествляться с резильентностью всего региона.

*Особенности применения ГОСТ Р ИСО 37123–2023*

ГОСТ Р ИСО 37123–2023 «Устойчивое развитие сообществ. Показатели для адаптивных городов», разработанный на основе ISO 37123:2019, предлагает показатели для оценки ряда сторон городского развития – в том числе связанных с подготовкой к неблагоприятным событиям и функционированием базовых услуг. Его достоинство для настоящего исследования в том, что он ориентирован на наблюдаемые характеристики, а не только на общие декларации готовности территории к кризисам.

Однако перенос городских показателей на региональный уровень требует отдельного методического решения. Регион охватывает несколько муниципалитетов, общие рынки труда, транспортные и энергетические связи, промышленные площадки и природные системы, границы которых с границами городов не совпадают. Если измерять положение только в административном центре, легко упустить риск, сосредоточенный в моногороде, зоне добычи или межмуниципальной инфраструктуре.

Следует также различать наличие управленческого инструмента и результат его применения. План обеспечения непрерывности деятельности говорит о том, что риск признан и формально

проработан, – не более того. О фактической способности сохранить услугу или восстановить ее после сбоя говорят совсем другие сведения: проведенные учения, доступность резервного оборудования, продолжительность перерывов, действия персонала во время аварии. Применительно к системам водоснабжения и водоотведения оценка резильентности должна учитывать техническое состояние сетей и сооружений, их надежность, наличие резервных мощностей, качество эксплуатации и способность поддерживать нормативные параметры предоставления услуг при нарушениях [27]. Эти данные могут дополнять стандартные показатели при оценке конкретного региона, но заменять ими показатели стандарта без объяснения методики нельзя. Например, в сфере водоснабжения и водоотведения подобная оценка должна опираться на сведения о техническом состоянии инженерных систем, надежности объектов, фактических параметрах предоставления услуг, ресурсной эффективности и динамике показателей развития отрасли.

Опыт интеграции технологических, организационных и управленческих решений в «зеленом» строительстве показывает, что экологическая модернизация может рассматриваться не как совокупность изолированных мероприятий, а как одно из направлений научно-технологической политики.

Для старопромышленных территорий нужен еще один блок анализа – уязвимости, унаследованный от истории промышленного освоения: нарушенные земли, отвалы и хвостохранилища, состояние шахтных вод, концентрация занятости и бюджетных поступлений. Городская система показателей охватывать все это не обязана. Поэтому ГОСТ Р ИСО 37123–2023 предлагается использовать как один из источников показателей – дополняя его региональными данными и всякий раз поясняя, какой именно аспект резильентности отражает выбранный индикатор.

***Старопромышленные и горнопромышленные регионы России: особенности формирования и современное состояние***

*Наследие горнозаводской цивилизации*

Горнозаводская модель освоения территории складывалась вокруг добычи полезных ископаемых и их переработки: размещение заводов, рудников, поселений и инфраструктуры определялось доступностью сырья, воды, топлива и путей сообщения. Наиболее отчетливо исторические черты этой модели видны в развитии ряда территорий Урала. Применительно к другим промышленным районам России стоит учитывать время их формирования и особенности хозяйственного освоения, а не относить их автоматически к одному историческому типу.

Промышленное наследие – это не просто совокупность действующих или закрытых предприятий. Оно проявляется в расселении, направлении транспортных потоков, структуре профессиональной подготовки и сложившихся производственных связях. Инженерные компетенции вполне могут стать основой новых производств, но те же самые связи мешают переменам, если рынок труда завязан преимущественно на одну отрасль.

Внутри старопромышленного региона эти условия распределены неравномерно: крупный промышленный центр, моногород и поселок при закрывающемся добывающем предприятии решают разные задачи, хотя формально относятся к одной административной территории. Поэтому предложения по диверсификации следует также соотносить с расположением рабочих мест, состоянием конкретных площадок и реальной возможностью ежедневных трудовых поездок, а не только с отраслевой структурой региона в целом. Роль исторического анализа в подобных ситуациях – выявление сохраняющихся ограничений и ресурсов, а не обоснование исторического детерминизма.

*Экономические особенности*

В старопромышленных регионах ключевые роли играют добыча сырья, металлургия, машиностроение, химические производства, энергетика и связанный с ними транспорт. Экономические последствия такой специализации зависят не только от доли ведущих отраслей в выпуске,

но и от того, насколько диверсифицированы рынки сбыта, занятость и налоговые поступления. Регион с несколькими крупными предприятиями может не быть менее уязвим – если все эти предприятия зависят от одного производственного цикла или общего источника спроса, риск остается тем же.

Изменение цен, спроса или условий перевозки в первую очередь сказывается на предприятиях, но затем может затронуть подрядчиков, работников и местный бюджет. При оценке подобных последствий стоит различать кратковременное сокращение выпуска и долгосрочное изменение возможностей развития: первое видно по динамике производства и занятости, второе требует анализа новых предприятий, инвестиционных проектов, переобучения работников и состояния инфраструктуры.

Аналогично нельзя рассматривать в отрыве от инвестиционных решений степень износа основных фондов. Если обновление оборудования способно привести к увеличению выпуска продукции, то состояние подъездных путей, энергоснабжения или коммунальных сетей может ограничивать деятельность предприятия. Поэтому технологическая модернизация в статье рассматривается вместе с инфраструктурой, от которой во многом зависит ее результат.

Для горнопромышленных территорий особый вопрос – это завершение жизненного цикла месторождения, вывод его из эксплуатации. Подготовку к закрытию шахты или рудника следует начинать заблаговременно, до прекращения добычи, поскольку трудоустройство работников, содержание коммунальных объектов и рекультивация земель требуют разных сроков и источников финансирования. Региональная программа, поддерживающая только действующее производство, попросту не отвечает на вопрос о будущем территории после его сокращения. Существуют и экологические аспекты этой проблемы: промышленные площадки, оставленные в прошлые годы без выполнения надлежащих процедур вывода предприятий из эксплуатации, становятся объектами накопленного экологического вреда.

Примером институционального ответа на проблему отраслевой зависимости может служить территория опережающего социально-экономического развития «Набережные Челны»[1]. Сам факт ее создания говорит о выборе механизма привлечения новых инвесторов и производств, но без дополнительного анализа не позволяет сделать вывод о том, насколько в действительности снизилась зависимость города от ведущего предприятия, изменилась ли занятость и устойчивы ли новые производства. В этом смысле пример хорошо иллюстрирует разницу между управленческой мерой и ее результатом.

*Социальные особенности*

В монопрофильном городе изменение положения ведущего предприятия затрагивает гораздо больший круг жителей, чем число сотрудников, непосредственно занятых на производстве. С градообразующим предприятием связаны подрядные и сервисные организации, спрос на местные услуги, муниципальные доходы и отдельные объекты социальной инфраструктуры. Поэтому сокращение выпуска нередко запускает целую цепочку последствий – снижение занятости, падение доходов домохозяйств, ослабление местного спроса, отток населения, – а масштаб каждого из них определяется структурой конкретного города.

Переподготовка работников необходима, но сама по себе результата не дает – нужны еще и рабочие места, на которых новые навыки будут востребованы. Человеку с опытом работы в добыче или металлургии перейти в смежное производство обычно проще, чем сменить профессиональную область целиком. Образовательные программы разумно увязывать с планами предприятий, доступными инвестиционными проектами и оценкой реальной потребности в кадрах – иначе есть риск подготовить специалистов, которым негде будет применить полученную квалификацию.

[1] ТОСЭР «Набережные Челны» создана постановлением Правительства Российской Федерации от 28.01.2016 № 44.

Миграционные решения определяются далеко не только уровнем заработной платы. На способность территории удерживать работников и их семьи влияют доступность медицинской помощи и образования, состояние городской среды, возможности профессионального роста. В этом смысле социальная резильентность – это возможность продолжать жить и работать в регионе после изменения промышленной специализации, а не просто временная поддержка занятости во время спада.

*Экологические особенности*

Экологические ограничения старопромышленных территорий складываются из двух составляющих:

• текущей деятельности предприятий, к которой относятся действующие источники выбросов и сбросов;

• последствий прежнего освоения, к которым относятся нарушенные земли, отвалы, хвостохранилища и объекты, требующие мониторинга и контроля уже после завершения добычи.

Указанные составляющие необходимо разделять, поскольку от этого зависит выбор мер: снижение текущих выбросов не заменяет рекультивацию, а рекультивация, в свою очередь, не устраняет воздействие действующего производства. Результаты технологической модернизации целесообразно оценивать по изменению материальных и энергетических потоков, образования отходов, выбросов и сбросов, не отождествляя локальный эффект отдельного проекта с восстановлением территории в целом.

Конкретный риск определяется свойствами объекта и территории, поэтому его оценка требует наблюдений, а не сведений о наличии объекта. Экологические ограничения способны влиять на использование земель, условия жизни и затраты на развитие, но величину такого влияния нужно устанавливать для каждого случая отдельно, без общих допущений.

Кроме того, при оценке программ эколого-технологической модернизации необходимо отделять подтвержденные технологические и природоохранные результаты от декларативного позиционирования проекта как «зеленого». Экологические заявления должны иметь прозрачную доказательную базу и допускать независимую проверку.

Категория природного капитала позволяет рассматривать земли, водные объекты и экосистемы как основу природных функций, значимых для населения и экономики, а не только как источник ресурсов. В правовом и территориальном регулировании природные компоненты должны рассматриваться во взаимосвязи с хозяйственным использованием территории, интересами населения и долгосрочными целями развития [28]. Поэтому при оценке восстановления недостаточно просто подсчитать площадь выполненной рекультивации – нужно еще выяснить, для какого дальнейшего использования пригодна территория и восстановлены ли функции, ради которых проводились работы. Включение подобных вопросов в анализ связывает экологическую повестку со средне- и долгосрочными перспективами регионального развития.

Другая сторона этого анализа наглядно демонстрируется экологической «Серной программой» на Надеждинском металлургическом заводе в Норильске. Проект направлен на улавливание и утилизацию диоксида серы; на официальном сайте компании указывается эффективность утилизации диоксида серы на Норильской площадке более 99%[2]. Вместе с тем даже подтвержденная эффективность технологического оборудования автоматически не означает восстановления нарушенных природно-антропогенных систем Норильского промышленного района. Для такого вывода потребовались бы данные о динамике выбросов, состоянии воздуха, водных систем и почвы, изменении рисков для населения и результатах наблюдений во времени.

Тем самым пример Норильска показывает различие между техническим результатом отдельного проекта и экологическим результатом на уровне территории. В системе показателей

[2] Норникель (2026) Запуск мощностей в рамках Серной программы на Надеждинском металлургическом заводе вышел на финишную прямую. [online] Available at: https://nornickel.ru/sustainability/projects/sulphur/ [Accessed 21.09.2026]. (in Russian)

эти два уровня должны быть представлены раздельно: первый – характеристиками работы основного технологического и природоохранного оборудования, второй – данными о состоянии окружающей среды и последствиях для населения.

***Необходимость формирования резильентности старопромышленных регионов***

*Резильентность как условие конкурентоспособности*

Регион способен привлекать инвестиции и обеспечивать высокую занятость в период благоприятной конъюнктуры, оставаясь зависимым от одного вида продукции или нескольких крупных работодателей. Такая конкурентоспособность чувствительна к изменению спроса и условий производства. Устойчивой ее можно считать тогда, когда территория сохраняет возможности для занятости, предоставления базовых услуг и хозяйственного обновления не только при росте ведущей отрасли, но и при ее сокращении.

Резильентность связывает текущие преимущества региона с его способностью выдерживать перемены. В одних условиях приоритетом становится резервирование критической инфраструктуры, в других – развитие предприятий за пределами сложившейся специализации или подготовка работников к переходу между отраслями. Один и тот же набор мер не может быть применен к территориям с разной структурой рисков.

Особенную сложность представляют решения, при которых сохранение выпуска продукции входит в противоречие с необходимостью снизить экологическую или промышленную опасность. Закрытие объекта или перепрофилирование площадки нельзя считать успешной трансформацией: следует учитывать занятость, доходы населения, расходы на восстановление территории и реальность новых проектов. Поэтому стратегия резильентности предполагает согласование сразу четырех задач: снижения отраслевой зависимости, обновления производства, сохранения социальной и природной основы развития и повышения способности институтов выполнять принятые решения.

Примеры Набережных Челнов и Норильска показывают, что эти задачи решаются разными инструментами: в первом случае речь идет о создании условий для новых видов деятельности, во втором – о технологическом снижении негативного воздействия на окружающую среду на уже действующей промышленной площадке. Ни один из этих инструментов не может служить универсальным критерием резильентности – его значение определяется тем, какую именно уязвимость он призван уменьшить и какими данными можно проверить результат.

*Показатели оценки резильентности*

Систему показателей целесообразно строить сразу в двух измерениях. Первое – предмет оценки: экономика, социальная сфера, инфраструктура, природная среда, институты. Второе – роль показателя во времени: исходная уязвимость, реакция на воздействие, восстановление функции либо долгосрочное изменение. Такое построение не дает смешать, скажем, наличие резервной мощности с фактическим временем восстановления услуги – а это разные вещи.

В экономическом блоке исходную уязвимость могут отражать концентрация производства и занятости, зависимость налоговых поступлений от ограниченного числа плательщиков, структура рынков сбыта. Реакцию и восстановление описывает динамика выпуска, безработицы и инвестиций. Последующую трансформацию можно оценить по появлению (или непоявлению) новых видов деятельности, развитию малого и среднего предпринимательства и его темпам, изменению структуры занятости. Однако эти показатели стоит сопоставлять с отраслевой специализацией, иначе изменение доли отдельного сектора трудно правильно интерпретировать.

Социальный блок включает реальные доходы, бедность, миграционный баланс, доступность медицинских и образовательных услуг. При анализе последствий реструктуризации целесообразно отдельно отслеживать положение работников затронутых предприятий, поскольку среднерегиональные показатели легко могут скрыть ухудшение в отдельных муниципалитетах.

В свою очередь, данные о прохождении переподготовки полезно дополнять сведениями о последующем трудоустройстве и его сроках.

Применительно к инфраструктуре необходимо оценивать состояние сетей, наличие резервов, продолжительность перерывов и время восстановления тепло-, водо- и электроснабжения. Экологический блок может включать показатели выбросов и сбросов загрязняющих веществ, состояния водных объектов, накопленных отходов, нарушенных и рекультивированных земель. При этом оценка состояния природных и природно-антропогенных систем требует не только сведений о выполненных работах, но и данных наблюдений уже после их завершения.

Институциональный блок характеризует готовность участников и результат их взаимодействия – наличие согласованных процедур, проведение учений, доступность мониторинга, выполнение мероприятий программ развития. Сами по себе перечисленные показатели не складываются в единый индекс автоматически: прежде чем их объединять, нужно определить территориальный уровень, источники данных, период наблюдения и правила интерпретации. В рамках настоящей статьи они используются именно как группы признаков, а не как элементы уже готовой расчетной модели.

Отметим: процедура определения территориального уровня, источников данных, периода наблюдения и правил интерпретации каждого показателя всякий раз будет зависеть от конкретного сценария воздействия и выбранной территории. Поэтому одна и та же группа признаков может применяться по-разному – при анализе аварии на инфраструктурном объекте, сокращения спроса на продукцию или закрытия добывающего предприятия набор актуальных показателей окажется не вполне одинаковым.

*Основные направления формирования резильентности*

Диверсификация экономики имеет смысл лишь в тех случаях, когда новые виды деятельности действительно и ощутимо снижают зависимость территорий от общего для существующих предприятий источника риска. Одного увеличения числа организаций для этого недостаточно: несколько подрядчиков ведущего предприятия вполне могут зависеть от тех же самых заказов, что и оно само.

Возможности глубокой переработки сырья, производства оборудования, ремонта инфраструктуры, экологических услуг, логистики или туризма стоит оценивать с учетом местного спроса, кадров и состояния конкретных площадок. Связь между инновационной активностью и региональной резильентностью проявляется в способности территории создавать новые виды деятельности, использовать накопленные компетенции и адаптировать инфраструктуру к изменению производственной структуры [29]. Также одним из направлений диверсификации может быть промышленно-экологический симбиоз, при котором отходы и побочные продукты одних предприятий вовлекаются в хозяйственный оборот других производств.

Опыт создания ТОСЭР «Набережные Челны» показателен как пример инструмента диверсификации. Однако этот пример никак не доказывает завершенность переориентации территории. Финансовые и институциональные меры государственной поддержки необходимо оценивать по их вкладу в технологическое обновление, создание устойчивых производственных связей и достижение измеримых социально-экономических и экологических результатов. Для содержательной оценки необходимо отслеживать:

- какие проекты реализованы резидентами;
- сколько рабочих мест создано;
- связаны ли новые производства с прежней отраслевой цепочкой;
- насколько новые производства зависят от тех же рынков и инфраструктурных ограничений.

Технологическое обновление действующих предприятий стоит оценивать по совокупному результату. Рост производительности, безусловно, важен, но для территории значимы и ресурсопотребление, и эмиссии, и безопасность производства, и изменение спроса на труд. Если

автоматизация сокращает занятость, меры промышленной политики нужно связывать с подготовкой работников и созданием других рабочих мест.

Технологическое обновление следует оценивать не по самому факту приобретения (и даже установки) оборудования, а по достижению измеримых показателей ресурсной и экологической эффективности. Концепция наилучших доступных технологий может использоваться как основа для отбора и оценки проектов эколого-технологической модернизации, в том числе при применении инструментов зеленого финансирования [30]. В свою очередь, факт ввода природоохранного оборудования не следует отождествлять с достижением экологического результата. Проверка требует данных инструментального или автоматического контроля выбросов и сбросов, а также сопоставления фактических показателей до и после модернизации.

«Серная программа» в Норильске, в свою очередь, показывает, что технологическая модернизация способна быть направлена не на диверсификацию, а на снижение экологической нагрузки уже действующего производства. Такой проект для анализа резильентности следует рассматривать сразу по нескольким направлениям: как изменение технологического процесса, как элемент экологической промышленной политики и как фактор, влияющий на долгосрочные условия проживания и хозяйственной деятельности. Окончательный территориальный эффект нельзя выводить исключительно из характеристик оборудования.

Развитие человеческого капитала требует согласованных действий предприятий и образовательных организаций. Программы переподготовки могут опираться на уже имеющиеся инженерные и производственные навыки работников, одновременно открывая путь к новым видам деятельности. Сотрудничество промышленных предприятий с инновационными научно-технологическими центрами может способствовать разработке и внедрению решений, например в области экономики замкнутого цикла, однако результат такого сотрудничества должен оцениваться по фактически реализованным проектам и достигнутым показателям, по возможности применения квалификаций, полученных в рамках обучения, в самом регионе и по качеству последующего трудоустройства. Одним из инструментов формирования новых решений могут выступать открытые экологические коллаборации, объединяющие предприятия, научные организации, органы управления и других участников для разработки и внедрения экологических инноваций [31].

Модернизация критической инфраструктуры должна учитывать взаимозависимость сетей: нарушение энергоснабжения способно сказаться на водоснабжении или работе очистных сооружений, поэтому ремонт отдельных объектов без оценки связей между ними может дать весьма ограниченный эффект. Диагностику, профилактику и резервирование разумно соотносить с вероятными сценариями нарушения услуг и их последствиями для населения и производства. Возможность длительного поддержания результатов инфраструктурной модернизации зависит не только от капитальных вложений, но и от экономически обоснованных механизмов финансирования эксплуатации, ремонта и обновления коммунальных систем.

Восстановление природно-антропогенных систем, природного капитала требует снижения текущей нагрузки и ликвидацию накопленного ущерба. Для нарушенных земель, загрязненных водных объектов и полигонов промышленных отходов нужны разные способы воздействия и наблюдения. Проверяемым результатом является не только выполнение запланированных работ, но и состояние территории (или акватории) после их завершения.

Наконец, перечисленные меры требуют институциональной координации. Региональные и муниципальные органы власти, предприятия, образовательные организации и жители располагают разными сведениями о рисках и несут разные издержки преобразований. Сценарное планирование и открытый мониторинг помогают сопоставлять эти сведения. Их ценность определяется тем, меняются ли на их основе инвестиционные и управленческие решения, а не одним лишь фактом подготовки планов.

*Учет ограничений и специфики применения ГОСТ Р ИСО 37123–2023*

При включении показателей ГОСТ Р ИСО 37123–2023 в региональную систему мониторинга необходимо прежде всего определить территориальные границы и единицу наблюдения. Поскольку стандарт ориентирован в первую очередь на городские территории, предусмотренные им показатели нельзя автоматически переносить на уровень региона. Масштаб наблюдения должен соответствовать пространству, в пределах которого формируется и распространяется конкретный риск. Так, состояние городской системы водоснабжения обычно оценивается на муниципальном уровне, хотя источники воды и отдельные объекты инфраструктуры могут находиться за пределами муниципального образования. Последствия закрытия крупного предприятия нередко затрагивают несколько взаимосвязанных рынков труда, а состояние водного объекта зависит от процессов, происходящих на всей территории его водосбора. Административные границы сохраняют значение для организации управления, но не всегда отражают реальный масштаб социально-экономических и экологических последствий.

После установления границ анализа следует определить, какую сторону резильентности характеризует каждый показатель. Наличие плана действий свидетельствует о том, что соответствующий риск учтен в управленческих процедурах, однако не позволяет судить о способности системы сохранить функциональность. Продолжительность перерыва отражает масштаб возникших последствий, тогда как скорость и полнота восстановления характеризуют результат предпринятых мер. Эти показатели относятся к разным этапам реакции на неблагоприятное событие, поэтому их нельзя рассматривать как взаимозаменяемые или сводить к одной характеристике без дополнительных методических оснований.

Оценка структурных изменений образует отдельный уровень анализа. Доля занятых за пределами ведущей отрасли, зависимость бюджетных доходов от крупнейших предприятий и последующее использование высвобождаемых промышленных площадок характеризуют не готовность к отдельному нарушению, а изменение условий, которые определяют долгосрочную уязвимость территории. Таким образом, при формировании региональной системы мониторинга каждый показатель необходимо соотносить с объектом и пространственным уровнем наблюдения, а также с тем этапом, который он описывает: исходное состояние, подготовку к возможному воздействию, последствия нарушения, восстановление функций или изменение структуры региональной экономики.

Отдельно следует включить экологические показатели, значимые для рассматриваемой территории. Для горнопромышленного района это может быть состояние шахтных вод и нарушенных земель, для иной старопромышленной территории – другие объекты накопленного ущерба. Выбор показателей должен опираться на выявленные риски, доступные наблюдения и задачи управления. Тогда городской стандарт будет применяться в пределах своей предметно области, а региональное дополнение позволит оценивать последствия промышленной специализации и качество преобразований.

**Заключение**

Разграничены резильентность, устойчивость, адаптивность и трансформируемость. Новизна результата состоит в трактовке региональной резильентности сразу по двум взаимосвязанным результатам – сохранению и восстановлению функций, а также изменению условий, которые определяют масштаб возможных потерь.

Установлено, что промышленное наследие одновременно ограничивает и расширяет возможности регионального развития. Новизна результата заключается в совместном рассмотрении производственных мощностей, компетенций работников и сложившихся связей как ресурсов обновления экономики и отраслевой концентрации, инфраструктурного износа и экологических ограничений как взаимосвязанных уязвимостей конкретной территории.

Определены возможности и ограничения применения ГОСТ Р ИСО 37123–2023. Новизна результата состоит в обосновании контекстного использования стандарта: показатели городской готовности и функционирования услуг дополняются сведениями об отраслевой концентрации, муниципальных и ведомственных связях, фактическом восстановлении после нарушений и состоянии природного капитала.

Систематизированы группы показателей и направления формирования резильентности как условия устойчивой конкурентоспособности. Новизна результата заключается в одновременном разграничении предмета оценки: экономики, социальной сферы, инфраструктуры, природной среды и институтов, и роли показателя во времени: исходной уязвимости, реакции на воздействие, восстановления функции либо долгосрочного изменения.

На примерах ТОСЭР «Набережные Челны» и «Серной программы» в Норильске показано различие между решением, его непосредственным результатом и более широким территориальным эффектом. Новизна результата состоит в обосновании невозможности автоматически отождествлять создание институционального механизма диверсификации или запуск природоохранного оборудования с уменьшением структурной уязвимости и восстановлением природного капитала территории.

Полученные результаты логически связывают резильентность с устойчивой конкурентоспособностью старопромышленных и горнопромышленных регионов. Диверсификация, модернизация, переподготовка работников, обновление инфраструктуры и восстановление природных функций становятся значимыми не сами по себе, а в той мере, в какой они уменьшают выявленные уязвимости и поддерживают базовые социально-экономические функции территории.

Назначение предложенной системы групп показателей состоит в том, чтобы определить, позволяют ли выбранные показатели различать восстановление прежней модели и уменьшение структурной уязвимости на примере конкретных территорий. Итоги исследования формируют концептуальную основу для последующей проверки подхода на региональных и муниципальных данных.

***Направления дальнейших исследований***

Следующий этап работы связан с выбором территорий и сценариев воздействия, проверкой доступности данных и уточнением показателей применительно к конкретным муниципалитетам и регионам. Только после этого можно оценить, позволяют ли выбранные признаки отличать восстановление прежней модели от действительного уменьшения структурной уязвимости.

Дальнейшее развитие подхода предполагает: формирование воспроизводимой системы индикаторов для различных сценариев – инфраструктурной аварии, сокращения спроса на продукцию ведущей отрасли, закрытия добывающего предприятия и длительного экологического воздействия; сопоставление старопромышленных и горнопромышленных территорий; оценку межмуниципальных связей; анализ состояния природного капитала после завершения природоохранных и рекультивационных мероприятий.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Wang X., Li M. (2022) Determinants of Regional Economic Resilience to Economic Crisis: Evidence from Chinese Economies. *Sustainability*, 14 (2), art. no. 809. DOI: 10.3390/su14020809

2. Erkus H., İleri N., Gurcaylilar-Yenidogan T. (2026) The Impact of Crisis on the Resilience of Industrial Regions: Evidence from Denizli Textile Industry. *Sustainability*, 18 (15), art. no. 7619. DOI: 10.3390/su18157619

3. Peng C., Qiao Y., Long H., Wang Y. (2025) Assessing economic resilience in a manufacturing-based region through industrial restructuring with environmental thresholds: An updating framework. *China Economic Review*, 92, art. no. 102441. DOI: 10.1016/j.chieco.2025.102441

4. Pizzo B. (2015) Problematizing resilience: Implications for planning theory and practice. *Cities*, 43, 133–140. DOI: 10.1016/j.cities.2014.11.015

5. Hassink R., Gong H. (2020) Regional Resilience. In: *International Encyclopedia of Human Geography* (eds. A. Kobayashi, M. Boyle, N. Castree, F. Collins, J. Crampton, S. de Leeuw, E. Ho, I. Luginah, B. Maharaj, J. Tyner), Oxford: Elsevier, 351–355.

6. Скобелев Д.О., Эпштейн А.Д. (2026) Резильентность и устойчивое развитие: бурное восхождение нового термина. *Естественно-гуманитарные исследования*, 4 (66), 395–400.

7. D'Ambrosio A., Migheli M. (2025) Regional resilience through the lenses of the capability approach. *Journal of Evolutionary Economics*, 35, 833–853. DOI: 10.1007/s00191-025-00915-8

8. Берсенёв В.Л. (2024) Формирование механизма обеспечения жизнестойкости территории на начальном этапе социалистического строительства на Урале (1921–1923 гг.). *История и современное мировоззрение*, 6 (3), 80–87. DOI: 10.33693/2658-4654-2024-6-3-80-87

9. Shmeleva N., Andreev V., Tolstykh T., Guseva T., Rudomazin V. (2025) Managing the Integration of Companies into Green Value Chains: A Regional Perspective. *Sustainability*, 17 (17), art. no. 7582. DOI: 10.3390/su17177582

10. Hudson R. (2005) Re-thinking change in old industrial regions: Reflecting on the experiences of North East England. *Environment and Planning A*, 37 (4), 1–41. DOI: 10.1068/a36274

11. Ženka J., Slach O., Pavlík A. (2019) Economic resilience of metropolitan, old industrial, and rural regions in two subsequent recessionary shocks. *European Planning Studies*, 27 (11), 2288–2311. DOI: 10.1080/09654313.2019.1638346

12. Волосатова А.А., Тихонова И.О., Гусева Т.В. (2023) Разработка системы экспертной оценки проектов развития и эколого-технологической модернизации промышленности. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 25 (4), 154–162. DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-154-162

13. Shmeleva N., Tolstykh T., Guseva T., Khoroshilova T., Lazarenko D. (2026) Business Process Optimization for a Greener Future: The Russian Experience in Operational Management. *Sustainability*, 18 (8), art. no. 3691. DOI: 10.3390/su18083691

14. Sweeney B., Mordue G., Carey J. (2020) Resilient or resistant? Critical reflections on resilience in an old industrial region. *Geoforum*, 110, 125–135. DOI: 10.1016/j.geoforum.2020.02.005

15. Andreoni A. (2021) Robustness to shocks, readiness to change and new pathways for resilient industrialization. *Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series*, 9.

16. Акбердина В.В. (2021) Факторы резильентности в российской экономике: сравнительный анализ за период 2000–2020 гг. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*, 17 (8), 1412–1432. DOI: 10.24891/ni.17.8.1412

17. 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. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4

18. Смородинская Н.В., Катуков Д.Д. (2022) Россия в условиях санкций: пределы адаптации. *Вестник Института экономики Российской академии наук*, 6, 52–67. DOI: 10.52180/2073-6487_2022_6_52_67

19. Ускова Т.В. (2025) Еще раз о факторах устойчивости территорий. *Проблемы развития территории*, 29 (2), 7–9. DOI: 10.15838/ptd.2025.2.136.1

20. 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. DOI: 10.29141/2658-5081-2022-23-4-2

21. Антипин И.А., Есвейн Р.И. (2025) Устойчивое развитие и резильентность региона: вопросы теории и практики. *Вестник экономики, права и социологии*, 4, 8–14. DOI: 10.24412/1998-5533-2025-4-8-14

22. Данилова И.В., Правдина Н.В., Резепин А.В. (2024) Динамика промышленного производства регионов: оценка резильентности реакции на внешние ограничения. *Экономика региона*, 20 (3), 608–624. DOI: 10.17059/ekon.reg.2024-3-1

23. Данилова И.В., Антонюк В.С., Богданова О.А. (2023) «Ударопрочность» монопрофильных регионов в условиях внешних шоков: оценка и управленческие решения. *Управленец*, 14 (6), 33–49. DOI: 10.29141/2218-5003-2023-14-6-3

24. Иванов П.А. (2022) Оценка резильентности экономики регионов в условиях санкционного давления. *Фундаментальные исследования*, 10–2, 187–192. DOI: 10.17513/fr.43364

25. Ионова И.Г., Федосеева С.С., Баландин Д.А. (2022) Резильентность монопрофильных территорий в условиях современной экономической неопределенности. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 6, 73–81. DOI: 10.17513/vaael.2248

26. Лепский Д.В., Безденежных Т.И. (2025) Модели стратегической устойчивости в корпоративном управлении: методологический аспект и практическая реализация в металлургической отрасли. *Научные исследования и разработки. Экономика*, 13 (4), 54–62. DOI: 10.12737/2587-9111-2025-13-4-54-62

27. Сколубович Ю.Л., Примин О.Г., Гогина Е.С. (2023) Проблемы инженерных систем водопользования и научные исследования по их решению. *Водоснабжение и санитарная техника*, 1, 6–10. DOI: 10.35776/VST.2023.01.01

28. Галиновская Е.А. (2026) Система «общество – природа» в правовом регулировании территориального развития. В книге: *Экологическая парадигма российского права* (под ред. С.А. Боголюбова): монография, М.: Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации, Инфра-М, 47–62.

29. Viana L.F.C., Hoffmann V.E., da Silva Miranda N. Jr. (2023) Regional resilience and innovation: Paper profiles and research agenda. *Innovation & Management Review*, 20 (2), 119–131. DOI: 10.1108/INMR-11-2021-0225

30. Скобелев Д.О., Волосатова А.А., Гусева Т.В., Панова С.В. (2022) Применение концепции наилучших доступных технологий в различных системах зеленого финансирования: международный опыт и перспективы использования в государствах – членах Евразийского экономического союза. *Вестник Евразийской науки*, 14 (2), ст. № 36ECVN222.

31. Shmeleva N., Tolstykh T., Guseva T., Volosatova A. (2025) Open Environmental Collaborations as an Innovation Tool for Sustainable Development: Evidence from Russian Pulp and Paper Industry. *Sustainability*, 17 (3), art. no. 1154. DOI: 10.3390/su17031154

## REFERENCES

1. Wang X., Li M. (2022) Determinants of Regional Economic Resilience to Economic Crisis: Evidence from Chinese Economies. *Sustainability*, 14 (2), art. no. 809. DOI: 10.3390/su14020809

2. Erkus H., İleri N., Gurcaylilar-Yenidogan T. (2026) The Impact of Crisis on the Resilience of Industrial Regions: Evidence from Denizli Textile Industry. *Sustainability*, 18 (15), art. no. 7619. DOI: 10.3390/su18157619

3. Peng C., Qiao Y., Long H., Wang Y. (2025) Assessing economic resilience in a manufacturing-based region through industrial restructuring with environmental thresholds: An updating framework. *China Economic Review*, 92, art. no. 102441. DOI: 10.1016/j.chieco.2025.102441

4. Pizzo B. (2015) Problematizing resilience: Implications for planning theory and practice. *Cities*, 43, 133–140. DOI: 10.1016/j.cities.2014.11.015

5. Hassink R., Gong H. (2020) Regional Resilience. In: *International Encyclopedia of Human Geography* (eds. A. Kobayashi, M. Boyle, N. Castree, F. Collins, J. Crampton, S. de Leeuw, E. Ho, I. Luginah, B. Maharaj, J. Tyner), Oxford: Elsevier, 351–355.

6. Skobelev D.O., Epstein A.D. (2026) Resilience and sustainable development: rocketing of a new concept. *Natural-Humanitarian Studies*, 4 (66), 395–400.

7. D'Ambrosio A., Migheli M. (2025) Regional resilience through the lenses of the capability approach. *Journal of Evolutionary Economics*, 35, 833–853. DOI: 10.1007/s00191-025-00915-8

8. Bersenev V.L. (2024) Formation of a mechanism for ensuring the viability of the territory at the initial stage of socialist construction in Ural (1921–1923). *History and Modern Perspectives*, 6 (3), 80–87. DOI: 10.33693/2658-4654-2024-6-3-80-87

9. Shmeleva N., Andreev V., Tolstykh T., Guseva T., Rudomazin V. (2025) Managing the Integration of Companies into Green Value Chains: A Regional Perspective. *Sustainability*, 17 (17), art. no. 7582. DOI: 10.3390/su17177582

10. Hudson R. (2005) Re-thinking change in old industrial regions: Reflecting on the experiences of North East England. *Environment and Planning A*, 37 (4), 1–41. DOI: 10.1068/a36274

11. Ženka J., Slach O., Pavlík A. (2019) Economic resilience of metropolitan, old industrial, and rural regions in two subsequent recessionary shocks. *European Planning Studies*, 27 (11), 2288–2311. DOI: 10.1080/09654313.2019.1638346

12. Volosatova A.A., Tikhonova I.O., Guseva T.V. (2023) Developing a system of expert assessment of the development and environmental and technological modernisation projects in industry. *Izvestia RAS SamSC*, 25 (4), 154–162. DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-154-162

13. Shmeleva N., Tolstykh T., Guseva T., Khoroshilova T., Lazarenko D. (2026) Business Process Optimization for a Greener Future: The Russian Experience in Operational Management. *Sustainability*, 18 (8), art. no. 3691. DOI: 10.3390/su18083691

14. Sweeney B., Mordue G., Carey J. (2020) Resilient or resistant? Critical reflections on resilience in an old industrial region. *Geoforum*, 110, 125–135. DOI: 10.1016/j.geoforum.2020.02.005

15. Andreoni A. (2021) Robustness to shocks, readiness to change and new pathways for resilient industrialization. *Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series*, 9.

16. Akberdina V.V. (2021) Resilience Factors in the Russian Economy: The Comparative Analysis for 2000–2020. *National Interests: Priorities and Security*, 17 (8), 1412–1432. DOI: 10.24891/ni.17.8.1412

17. Romanova O.A., Sirotin D.Vl., Ponomareva A.O. (2022) From Resistance Economy to Resilient Economy (the Case of an Industrial Region in Russia). *AlterEconomics*, 19 (4), 620–637. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4

18. Smorodinskaya N.V., Katukov D.D. (2022) Russia under sanctions: limits of adaptation. *The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*, 6, 52–67. DOI: 10.52180/2073-6487_2022_6_52_67

19. Uskova T.V. (2025) Revisiting the Issue of Territorial Sustainability Factors. *Problems of Territory's Development*, 29 (2), 7–9. DOI: 10.15838/ptd.2025.2.136.1

20. 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. DOI: 10.29141/2658-5081-2022-23-4-2

21. Antipin I.A., Esvein R.I. (2025) Sustainable development and regional resilience: theoretical and practical issues. *The Review of Economy, the Law and Sociology*, 4, 8–14. DOI: 10.24412/1998-5533-2025-4-8-14

22. Danilova I.V., Pravdina N.V., Rezepin A.V. (2024) Industrial Production Dynamics of Regions: Assessment of the Resilience of Responses to External Constraints. *Economy of regions*, 20 (3), 608–624. DOI: 10.17059/ekon.reg.2024-3-1

23. Danilova I.V., Antonyuk V.S., Bogdanova O.A. (2023) Shock robustness of single-industry regions: Assessment and governance. *The Manager*, 14 (6), 33–49. DOI: 10.29141/2218-5003-2023-14-6-3

24. Ivanov P.A. (2022) Assessment of the resilience of the regional economy under the conditions of sanction pressure. *Fundamental Research*, 10–2, 187–192. DOI: 10.17513/fr.43364

25. Ionova I.G., Fedoseeva S.S., Balandin D.A. (2022) Resilience of mono-profile territories in the context of modern economic uncertainty. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 6, 73–81. DOI: 10.17513/vaael.2248

26. Lepskiy D.V., Bezdenezhnykh T.I. (2025) Strategic Resilience Models in Corporate Governance: Methodological Framework and Practical Implementation in the Metallurgical Industry. *Scientific Research and Development. Economics*, 13 (4), 54–62. DOI: 10.12737/2587-9111-2025-13-4-54-62

27. Skolubovich Iu., Primin O., Gogina E. (2023) Problems of engineering systems of water use and scientific research on their solution. *Water Supply and Sanitary Technique*, 1, 6–10. DOI: 10.35776/VST.2023.01.01

28. Galinovskaia E.A. (2026) Sistema "obshchestvo – priroda" v pravovom regulirovanii territorial'nogo razvitiia [The "Society–Nature" System in the Legal Regulation of Territorial Development]. In: *Ekologicheskaia paradigma rossiiskogo prava* [*The Ecological Paradigm of Russian Law*] (ed. S.A. Bogoliubov): monograph, Moscow: Institut zakonodatel'stva i sravnitel'nogo pravovedeniia pri Pravitel'stve Rossiiskoi Federatsii, Infra-M, 47–62.

29. Viana L.F.C., Hoffmann V.E., da Silva Miranda N. Jr. (2023) Regional resilience and innovation: Paper profiles and research agenda. *Innovation & Management Review*, 20 (2), 119–131. DOI: 10.1108/INMR-11-2021-0225

30. Skobelev D.O., Volosatova A.A., Guseva T.V., Panova S.V. (2022) Application of the best available techniques concept in various systems of green finance: international experience and prospects in the member-states of the Eurasian Economic Union. *The Eurasian Scientific Journal*, 14 (2), art. no. 36ECVN222.

31. Shmeleva N., Tolstykh T., Guseva T., Volosatova A. (2025) Open Environmental Collaborations as an Innovation Tool for Sustainable Development: Evidence from Russian Pulp and Paper Industry. *Sustainability*, 17 (3), art. no. 1154. DOI: 10.3390/su17031154

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

**ЛАТАНОВ Егор Михайлович**
E-mail: latanove@mail.ru
**Egor M. LATANOV**
E-mail: latanove@mail.ruru

*Поступила: 05.09.2026; Одобрена: 09.10.2026; Принята: 09.10.2026.*
*Submitted: 05.09.2026; Approved: 09.10.2026; Accepted: 09.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 135–157.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 135–157.

# Цифровая трансформация резильентной экономики
# Digital Transformation of a Resilient Economy

Обзорная статья
УДК 338.45:004
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19508
EDN: https://elibrary/GXZZLG

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ЗРЕЛОСТЬ КАК ОСНОВА РЕЗИЛЬЕНТНОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ПАРАДИГМЕ ИНДУСТРИИ 5.0

**А.М. Трапезникова** ✉ **, А.В. Бабкин**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ trapeznikova.am@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается интеллектуальная цифровая зрелость как основа резильентного развития промышленного предприятия в парадигме Индустрии 5.0. Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях технологических ограничений и нестабильности внешней среды внедрения отдельных цифровых решений недостаточно для сохранения непрерывности деятельности, адаптации к шокам и обновления производственной системы. В качестве объекта исследования рассматривается инновационно-активное промышленное предприятие, функционирующее в условиях цифровой трансформации и становления Индустрии 5.0. Предмет исследования составляют организационно-экономические отношения, факторы и механизмы формирования интеллектуальной цифровой зрелости, способствующие резильентному развитию предприятия. Цель исследования заключается в теоретическом обосновании роли интеллектуальной цифровой зрелости в обеспечении резильентного развития промышленного предприятия. В работе применены сравнительный метод, системный подход, методы систематизации научных публикаций, описательного анализа и сопоставления опубликованных статистических данных. Материалами исследования послужили отечественные и зарубежные научные работы, нормативные и стратегические документы, официальные статистические материалы и отраслевые исследования. Установлено, что переход от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 сопровождается изменением целей применения цифровых технологий: наряду с эффективностью возрастают требования к человекоцентричности, устойчивости и резильентности. Выявлены основные тенденции и ограничения цифровой трансформации российской промышленности. Систематизированы подходы к определению резильентности промышленного предприятия и разграничены понятия цифровой, интеллектуальной и интеллектуальной цифровой зрелости. Научная новизна состоит в уточнении содержания резильентности на уровне предприятия и авторской конкретизации понятия интеллектуальной цифровой зрелости применительно к инновационно-активному промышленному предприятию. Сделан вывод о том, что согласованное использование данных, интеллектуальных технологий, компетенций работников и экосистемных связей создает предпосылки для предвидения рисков, адаптации и трансформации предприятия. Практическая значимость результатов заключается в возможности их использования при разработке стратегий цифровой трансформации и подходов к диагностике интеллектуальной цифровой зрелости промышленных предприятий. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку этапов, алгоритма и методики оценки интеллектуальной цифровой зрелости инновационно-активного промышленного предприятия.

**Ключевые слова:** цифровая зрелость, интеллектуальная цифровая зрелость, промышленное предприятие, резильентность, Индустрия 5.0, цифровая трансформация промышленности, инновационно-активное промышленное предприятие, промышленные экосистемы

© Трапезникова А.М., Бабкин А.В., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках реализации проекта «Стратегическое управление интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в условиях экономики данных: методология, фреймворк, инструментарий» (Соглашение №25-18-00978; https://rscf.ru/project/25-18-00978/).

**Для цитирования:** Трапезникова А.М., Бабкин А.В. (2026) Интеллектуальная цифровая зрелость как основа резильентного развития промышленного предприятия в парадигме Индустрии 5.0. π-Economy, 19 (5), 135–157. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19508

Overview article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19508

# INTELLECTUAL DIGITAL MATURITY AS THE FOUNDATION OF RESILIENT DEVELOPMENT OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE IN THE INDUSTRY 5.0 PARADIGM

**A.M. Trapeznikova** ✉ **, A.V. Babkin**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

✉ trapeznikova.am@yandex.ru

**Abstract.** The article examines intellectual digital maturity as the foundation for the resilient development of an industrial enterprise within the Industry 5.0 paradigm. The relevance of the study is due to the fact that, given technological limitations and the instability of the external environment, the implementation of individual digital solutions is insufficient to ensure the continuity of operations, adapt to shocks, and renew the production system. The object of the study is an innovation-active industrial enterprise operating in the context of digital transformation and the emergence of Industry 5.0. The subject of the study comprises organizational and economic relations, factors and mechanisms for the formation of intellectual digital maturity that contribute to the resilient development of the enterprise. The aim of the study is to provide a theoretical justification for the role of intellectual digital maturity in ensuring the resilient development of an industrial enterprise. The work employs the comparative method, a systems approach, methods for systematizing scientific publications, descriptive analysis and comparison of published statistical data. The study materials included domestic and foreign scientific works, regulatory and strategic documents, official statistical materials, and sectoral studies. It was established that the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 is accompanied by a change in the goals of using digital technologies: along with efficiency, the requirements for human-centricity, sustainability, and resilience are increasing. The main trends and limitations of the digital transformation of Russian industry have been identified. Approaches to defining the resilience of an industrial enterprise have been systematized, and the concepts of digital maturity, intellectual maturity, and intellectual-digital maturity have been delineated. The scientific novelty lies in refining the content of resilience at the enterprise level and in the author's specific conceptualization of "intellectual-digital maturity" as applied to an innovation-active industrial enterprise. It is concluded that the coordinated use of data, intellectual technologies, employee competencies, and ecosystem connections creates the prerequisites for anticipating risks, adapting, and transforming the enterprise. The practical significance of the results lies in the possibility of using them in developing strategies for digital transformation and approaches to diagnosing the intellectual digital maturity of industrial enterprises. Further research will focus on developing the stages, algorithm, and methodology for assessing the intellectual digital maturity of an innovation-active industrial enterprise.

**Keywords:** digital maturity, intelligent digital maturity, industrial enterprise, resilience, Industry 5.0, digital transformation of industry, innovation-active industrial enterprise, industrial ecosystems

**Acknowledgements:** The research was financially supported by the Russian Science Foundation, project «Strategic Management of Intellectual Maturity in Industrial Ecosystems within a Data-Driven Economy: Methodology, Framework, and Toolkit» (Agreement No. 25-18-00978; available online: https://rscf.ru/project/25-18-00978/).

© Trapeznikova A.M., Babkin A.V., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

**Citation:** Trapeznikova A.M., Babkin A.V. (2026) Intellectual digital maturity as the foundation of resilient development of an industrial enterprise in the industry 5.0 paradigm. π-Economy, 19 (5), 135–157. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19508

**Введение**

Современное развитие промышленности происходит в условиях ускоренной цифровой трансформации и усиления неопределенности внешней среды. Санкционные ограничения, нарушение цепочек поставок, технологическая зависимость, киберугрозы и дефицит квалифицированных кадров требуют от промышленных предприятий не только повышения эффективности, но и способности сохранять непрерывность деятельности, адаптироваться к изменениям и осуществлять трансформацию после воздействия внешних и внутренних шоков. В связи с этим резильентность становится одним из ключевых условий устойчивого развития и конкурентоспособности промышленного предприятия [1–3].

Современная промышленность переживает качественный переход от парадигмы Индустрии 4.0, ориентированной преимущественно на автоматизацию производственных процессов, роботизацию и сквозную цифровизацию на основе киберфизических систем, к принципиально новой парадигме Индустрии 5.0, ключевыми принципами которой становятся ориентация на устойчивое развитие, человекоцентричность и резильентность [4, 5]. В этих условиях результативность цифровой трансформации определяется не количеством внедренных технологий, а способностью предприятия преобразовывать данные и технологии в знания, прогнозы и адаптивные управленческие решения.

Применительно к промышленному предприятию цифровая трансформация приобретает стратегический характер только тогда, когда цифровые решения интегрируются в единый контур сбора, обмена, интерпретации и использования данных при принятии производственных, инвестиционных и управленческих решений. Следовательно, уровень цифрового развития предприятия следует оценивать не только по масштабу автоматизации, наличию цифровой инфраструктуры или набору внедренных технологий, но и по способности организации формировать знания на основе данных, применять инструменты искусственного интеллекта (ИИ), развивать компетенции персонала и обеспечивать межфункциональную координацию.

Кроме того, на сегодняшний день в научном дискурсе уже формируются представления об Индустрии 6.0 как о перспективном этапе промышленного развития, связанном с переходом от человекоцентричного взаимодействия человека и интеллектуальных технологий к функционированию интегрированных социокиберфизических систем [6–8].

Отсюда возникает исследовательское противоречие: резильентность признана одним из базовых принципов Индустрии 5.0, но ее связь с качественным уровнем цифрового и интеллектуального развития предприятия остается недостаточно операционализированной.

**Литературный обзор**

Проблематика интеллектуальной цифровой зрелости формируется на пересечении исследований промышленных революций и Индустрии 5.0 [9–12], цифровой трансформации [13, 14], интеллектуализации управления [15–17] и резильентного развития [1, 2, 18].

Исследования промышленных революций показывают, что переход к Индустрии 5.0 связан не с отказом от технологий Индустрии 4.0, а с изменением целей их применения: наряду с эффективностью производства возрастает значение взаимодействия человека и интеллектуальных систем, устойчивости и адаптивности промышленности [5, 11, 12, 19].

В работах по цифровой трансформации предприятия внимание сосредоточено на изменении производственных и управленческих процессов, а также на организационных трудностях внедрения цифровых решений [13, 14].

Отдельное направление исследований составляют модели оценки цифровой зрелости промышленного предприятия, позволяющие перейти от описания цифровой трансформации к анализу достигнутого уровня развития предприятия [20–22].

Исследования интеллектуальной зрелости расширяют этот подход: предметом рассмотрения становится не только наличие технологий, но и способность промышленной системы использовать данные, знания и ИИ в управлении [15–17, 23, 24]. В свою очередь, работы по резильентности раскрывают способность экономических и индустриальных систем противостоять шокам, восстанавливаться и адаптироваться к изменениям [1, 3, 18, 25].

Несмотря на активное развитие каждого из указанных направлений, их интеграция применительно к инновационно-активному промышленному предприятию остается недостаточной. В частности, в научной литературе еще не сложился целостный подход, позволяющий объяснить, каким образом интеллектуальная цифровая зрелость преобразуется в способность предприятия предвидеть, поглощать и преодолевать внешние и внутренние шоки.

В качестве **объекта исследования** рассматривается инновационно-активное промышленное предприятие, функционирующее в условиях цифровой трансформации экономики промышленности, формирования Индустрии 5.0 и высокой турбулентности внешней среды.

**Предмет исследования** составляют организационно-экономические отношения, факторы и механизмы формирования интеллектуальной цифровой зрелости промышленного предприятия, обеспечивающие его способность предвидеть и поглощать внешние и внутренние шоки, восстанавливать непрерывность деятельности, адаптироваться и осуществлять трансформационные изменения.

**Цель исследования** заключается в теоретическом обосновании роли интеллектуальной цифровой зрелости в обеспечении резильентного развития промышленного предприятия в парадигме Индустрии 5.0.

В соответствии с целью исследования определен перечень задач:

1. Проанализировать эволюцию промышленных парадигм, раскрыть трансформацию требований к развитию промышленного предприятия при переходе от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0, определив особенности Индустрии 5.0, значимые для цифровой трансформации и резильентного развития промышленных предприятий.

2. Рассмотреть современное состояние цифровой экономики и промышленного сектора Российской Федерации, выявить основные тенденции и ограничения цифрового развития предприятий.

3. Систематизировать научные подходы к понятию резильентности промышленного предприятия и раскрыть ее содержание.

4. Систематизировать теоретические подходы к исследованию цифровой и интеллектуальной зрелости предприятия, установить содержательные отличия цифровой, интеллектуальной и интеллектуальной цифровой зрелости применительно к инновационно-активному промышленному предприятию.

5. Уточнить терминологический аппарат экономики цифровой промышленности, в том числе понятия «интеллектуальная цифровая зрелость»; «интеллектуальная цифровая зрелость инновационно-активного промышленного предприятия».

**Методы и материалы**

Исследование носит обзорно-теоретический характер и основано на анализе научных подходов к цифровой трансформации промышленности, интеллектуальной цифровой зрелости, резильентности и Индустрии 5.0. Для рассмотрения эволюции промышленных парадигм, а также соотношения концепций Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 применялись историко-логический и сравнительный методы. Систематизация и обобщение отечественных и зарубежных

публикаций позволили выявить основные трактовки резильентности и цифровой зрелости, уточнить содержание рассматриваемых понятий и определить их взаимосвязь.

При анализе современного состояния цифровой экономики и промышленного сектора Российской Федерации использовались методы описательного анализа и сопоставления опубликованных статистических данных. Системный подход применялся для рассмотрения промышленного предприятия как участника промышленной экосистемы, развитие которого определяется сочетанием технологических, интеллектуально-кадровых, организационных и внешних факторов. На основе синтеза полученных результатов определена роль интеллектуальной цифровой зрелости в резильентном развитии промышленного предприятия в парадигме Индустрии 5.0.

Информационную базу исследования составили отечественные и зарубежные научные публикации, нормативные и стратегические документы в области цифровой трансформации, официальные статистические материалы, а также опубликованные аналитические и отраслевые исследования.

Материалы отбирались с учетом их соответствия предмету исследования и использовались для сопоставления теоретических подходов с тенденциями развития российской промышленности.

## Результаты и обсуждение

### *Эволюция промышленных парадигм: от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0*

Понятие «цифровая экономика» не обладает единой устоявшейся трактовкой ни в мировой, ни в отечественной научной литературе. Причинами являются комплексная и динамичная природа феномена, разнообразие подходов к трактованию понятия, размытость границ понятия, а также специфика национальных школ [26].

В Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг. (утверждена указом Президента РФ от 09.05.2017 № 203)[1] цифровая экономика определяется как «хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг».

С 2025 г. реализуется национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» (период реализации – с 2025 по 2030 г., с совокупным бюджетом свыше 1 трлн руб.), направленный на внедрение принципов управления на основе данных во всех сферах общественной жизни и на достижение технологического суверенитета и лидерства России[2].

Вместе с тем по оценке Минцифры РФ, в 2025 г. высокую цифровую зрелость продемонстрировали лишь 18% промышленных предприятий, еще 60% ограничиваются локальной автоматизацией без сквозных архитектур[3]. По данным НИУ ВШЭ, средняя доля организаций, использующих технологии ИИ, в 2026 г. составляет лишь 4,8%[4].

Отсутствие единой трактовки цифровой экономики обусловлено ее многогранностью, однако во всех подходах прослеживается признание цифровых технологий и данных в качестве фундаментального драйвера трансформации хозяйственных процессов.

---

[1] КонсультатПлюс (2017) *Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы»*. [online] Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/ [Accessed 29.07.2026]. (in Russian)

[2] Правительство России (б. г.) *Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства»*. [online] Available at: http://government.ru/rugovclassifier/923/about/ [Accessed 20.03.2026]. (in Russian)

[3] АНО «Национальные приоритеты» (2025) *Цифровизация: от комфортной жизни до обеспечения промпроизводства: экспертный аналитический доклад*. [online] Available at: https://национальныепроекты.рф/upload/doklad-cifra-2025/doklad-cifra-2025.pdf [Accessed 29.07.2026]. (in Russian)

[4] Ковалева Г.Г., Скороходов Н.А. (2026) *Распространение ИИ в организациях разной величины*, М.: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. [online] Available at: https://issek.hse.ru/news/1139129178.html [Accessed 16.07.2026]. (in Russian)

В структурном отношении цифровая экономика охватывает несколько взаимосвязанных уровней:

- цифровую инфраструктуру (телекоммуникации, дата-центры, облачные платформы);
- цифровые платформы и рынки;
- цифровые отрасли (информационные технологии (ИТ), информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), электронную коммерцию);
- цифровую трансформацию традиционных отраслей, включая промышленность.

Именно последний уровень наиболее непосредственно связывает цифровую экономику с формированием среды Индустрии 5.0 – парадигмы, в которой передовые цифровые технологии используются не только ради автоматизации производства, но и ради устойчивого, человекоцентричного и резильентного промышленного развития.

Следует подчеркнуть, что Индустрия 4.0 и Индустрия 5.0 не являются взаимоисключающими парадигмами, разделенными четким хронологическим рубежом.

Сравнительный анализ ключевых характеристик обеих парадигм и параметров переходного периода между ними представлен в табл. 1.

**Таблица 1. Сравнительная характеристика Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0**
**Table 1. Comparative characteristics of Industry 4.0 and Industry 5.0**

| Параметр | Индустрия 4.0 | Переходный период | Индустрия 5.0 |
|---|---|---|---|
| Временные рамки | С 2011 г. | 2019–2025 гг. | С 2021 г.; зрелая фаза – с 2025 г. |
| Ключевая концепция | Технологически управляемая трансформация: автоматизация, связанность, данные | Осознание ограничений Индустрии 4.0; первые нормативные документы ЕС; COVID-19 как катализатор | Ценностно-ориентированная трансформация: человекоцентричность, устойчивость, резильентность |
| Главный приоритет | Эффективность, оптимизация, прибыль акционеров | Попытка совмещения роста производительности с социальными и экологическими целями | Благополучие человека и общества, планетарные границы |
| Роль человека | Оператор/диспетчер цифровых систем; риск вытеснения | Осознание необходимости «возврата человека в контур» управленческих решений | Творческий соучастник, незаменимый партнер коллаборативных роботов (коботов) |
| Доминирующие технологии | IoT, большие данные, облачные вычисления, киберфизические системы, роботы, ИИ | Коботы, цифровые двойники, дополненная и виртуальная реальность, предиктивная аналитика | Коботы, нейрокогнитивные интерфейсы, «зеленые» технологии, биотехнологии, этический ИИ |
| Тип производства | Умная фабрика; массовая кастомизация | Пилотные платформы «Industry 5.0-ready»; гибридные производственные модели | Гибкое, ориентированное на человека и устойчивое производство |
| Отношение к устойчивости | Второстепенный фактор; акцент на ресурсной эффективности | Принятие ESG-стандартов; первые «зеленые» производственные инициативы | Центральный принцип: экологическая устойчивость встроена в архитектуру процессов |
| Отношение к резильентности | Не является системным приоритетом | Пандемия COVID-19 обнажила хрупкость глобальных цепочек поставок; переход к децентрализации | Резильентность – один из трех базовых столпов (наряду с человекоцентричностью и устойчивостью) |

**Окончание Таблицы 1**

| Параметр | Индустрия 4.0 | Переходный период | Индустрия 5.0 |
|---|---|---|---|
| Инновационная логика | Технология push («технология ради технологии») | Переосмысление инновационной повестки: от технологических к социотехническим инновациям | Инновации – на службе человека и общества |
| Концепция труда | Риск поляризации рынка труда, рост безработицы среди средних квалификаций | Дискуссия об апскиллинге, реквалификации и «будущем работы» | Достойный труд, благополучие сотрудников – неотъемлемые KPI производства |
| Принцип управления данными | Централизованная облачная обработка | Гибридная архитектура: edge (периферия) + cloud (облако) + ИИ-оркестрация | Распределенная обработка данных, суверенитет над данными |
| Парадигма ценностей | Экономическая эффективность и конкурентоспособность | Совмещение экономических и социально-экологических целей | Ценность для всех стейкхолдеров, не только акционеров |
| Роль государственной политики | Национальные программы Индустрии 4.0 (Германия, Китай («Made in China 2025») и др.) | Доклад ЕК (2021), ESIR Policy Brief No. 3, формирование нормативной базы Индустрии 5.0 | Политика ЕС как базовый драйвер трансформации; Industry 5.0 Community of Practice |
| Характер перехода | – | Не революционный, а эволюционный: Индустрия 5.0 дополняет, а не заменяет Индустрию 4.0 | Индустрия 5.0 как «перекалибровка» Индустрии 4.0 в широком социоэкологическом контексте |

Источник: составлено авторами по [4, 5, 9, 11, 19, 27, 28].

Таким образом, трансформация требований к промышленному предприятию в парадигме Индустрии 5.0 выражается в переходе от технологически ориентированной цифровизации к согласованному развитию технологического, человеческого, организационного и экосистемного контуров. Предприятие нового типа должно не только внедрять цифровые технологии, но и обеспечивать человекоцентричное взаимодействие с ними, поддерживать устойчивость и резильентность, развивать управление знаниями и выстраивать адаптивные связи с участниками промышленной экосистемы. Совокупность данных требований формирует объективную необходимость достижения интеллектуальной цифровой зрелости как основы резильентного развития промышленного предприятия.

***Современное состояние и ограничения цифровой трансформации промышленности Российской Федерации***

Российская промышленность вступает в период формирования Индустрии 5.0 при неодинаковом уровне цифровой и инновационной готовности предприятий. С одной стороны, развитие инфраструктуры цифровой экономики и государственная поддержка расширяют возможности внедрения цифровых решений в производство. С другой стороны, наличие цифровых инструментов еще не означает их сквозной интеграции в производственные и управленческие процессы. Поэтому оценка перспектив Индустрии 5.0 требует обращения не только к общеэкономическим показателям цифровизации, но и к фактическому состоянию промышленного сектора.

По данным Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ (ИСИЗЗ НИУ ВШЭ), объем валовых внутренних затрат на развитие цифровой экономики в России в

2024 г. достиг 6,7 трлн руб., превысив уровень 2023 г. на 22% в текущих ценах. Это в 1,4 раза выше темпа прироста ВВП, который составил +16,1%. Данный прирост является максимальным за 2020–2024 гг.[5]

Вклад сектора ИКТ в национальной экономике все более заметен: в 2024 г. его доля в ВВП составила 3,9% (за год выросла на 0,3 п.п.). По этому показателю сектор входит в топ отраслей [29].

Инфраструктурная база цифровой экономики к 2024 г. приобрела устойчивый характер: доступ в интернет обеспечен у 90,4% российских домохозяйств[6], а численность специалистов в области ИКТ возросла на 20% в 2025 г. и достигла 1,869 млн чел., что свидетельствует о формировании в стране достаточного технологического и кадрового фундамента для перехода к следующему качественному этапу цифровой трансформации.

Промышленный сектор Российской Федерации занимает ключевое место в структуре национальной экономики.

По данным Всемирного банка, в 2024 г. доля промышленности в ВВП России составила около 30,7% — первый прирост после многолетней тенденции к снижению. Годом ранее, в 2023-м, этот показатель находился на уровне 30,41%. За весь период наблюдений с 1989 г. значение сократилось в 1,52 раза: исторический максимум был зафиксирован в 1989 г. – 46,60% ВВП, тогда как минимум пришелся на 2014 г. – 27,93%[7].

Доминирующее положение в структуре промышленного производства занимают обрабатывающие производства: в 2024 г. они обеспечили две трети общего объема промышленного выпуска – 82,9 трлн руб. На добывающие производства приходится около четверти общего выпуска (31,4 трлн руб., или 25,3%), где основную долю занимает добыча нефти и газа (22,8 трлн руб., или 18,3%)[8].

Начиная с 2022 г. цифровая трансформация российской промышленности приобретает качественно новый контекст – условия внешних технологических ограничений и масштабного санкционного давления. При таких внешнеэкономических вызовах промышленность продемонстрировала определенную адаптивность за счет импортозамещения и государственной поддержки, сохраняя стратегическое значение как основы национального хозяйства.

Промышленность остается ключевым сектором, определяющим траектории технологического и инновационного развития.

Проникновение передовых технологий в промышленность Российской Федерации остается неравномерным: в 2024 г. машинное зрение применяли 41,6% промышленных предприятий, промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) – 7,1%, машинное обучение и большие данные – 5,5%, генеративный ИИ – лишь 0,3%.

Экономическое значение ИИ для промышленного сектора неуклонно возрастает: по прогнозам ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, совокупный вклад технологий ИИ во всех отраслях экономики в ВВП России составит 11,6 трлн руб. в 2030 г. и достигнет 46,5 трлн руб. к 2035 г. При этом основной вклад в создание экономического эффекта к 2035 г. будет формировать обрабатывающая промышленность – 7,7 трлн руб., опережая строительство (4 трлн руб.), профессиональную и научную деятельность (3,7 трлн руб.) и транспорт (2,6 трлн руб.)[9].

---

[5] Абдрахманова Г.И., Зинина Т.С., Ковалева Г.Г. (2026) *Динамика затрат на развитие цифровой экономики*. [online] Available at: https://issek.hse.ru/news/1132489247.html [Accessed 02.09.2026] (in Russian)

[6] Кузина Л.С., Попов Е.В., Щербаков Р.А. (2025) *Девять из десяти российских семей подключены к интернету*, М.: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. [online] Available at: https://issek.hse.ru/news/1038792738.html [Accessed 09.09.2026]. (in Russian)

[7] Statbase (б. г.) *Доля промышленности в ВВП: Россия*. [online] Available at: https://statbase.ru/data/rus-industry-value-added-share/ [Accessed 17.06.2026]. (in Russian)

[8] Власова В.В., Дитковский К.А. (2025) *Динамика и структура промышленного производства в России*. [online] Available at: https://issek.hse.ru/news/1046793074.html [Accessed 22.07.2026]. (in Russian)

[9] Дранев Ю.Я., Кучин И.И., Миряков М.И. (2025) *Экономический эффект от внедрения технологий искусственного интеллекта в России*. М.: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. [online] Available at: https://issek.hse.ru/news/1022068478.html [Accessed 23.06.2026]. (in Russian)

Треть промышленных предприятий планирует увеличивать бюджеты на цифровые технологии – среди наиболее значимых направлений эксперты НИУ ВШЭ выделяют промышленных роботов, ИИ, машинное обучение и цифровое прототипирование[10].

Среди ключевых барьеров цифровизации промышленности следует выделить отсутствие пакетных цифровых решений, нехватку цифровых компетенций и низкую готовность производства, а также ИТ-инфраструктуры к внедрению цифровых технологий. Эксперты также указывают на последствия санкций, дефицит кадров и корпоративных бюджетов, ограничения служб информационной безопасности и ориентацию руководств предприятий на проекты с короткой окупаемостью.

Вместе с тем, согласно целевым показателям национального проекта, цифровая зрелость основных производственных процессов промышленности должна достичь 85% к 2030 г., тогда как по оценке Минпромторга в 2023 г. она составляла лишь 50%[11].

Центральным отраслевым документом в сфере цифровой трансформации промышленности является «Стратегическое направление в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности», утвержденное распоряжением Правительства РФ от 7 ноября 2023 г. № 3113-р; документ дважды актуализировался — редакциями от 21.10.2024 № 2963-р и от 26.02.2026 № 378-р[12]. Согласно ему, к 2030 г. доля промышленных предприятий, применяющих технологии ИИ, должна вырасти до 85,2%[13].

Сопоставление достигнутых результатов с требованиями Индустрии 5.0 позволяет выделить несколько ограничений:

- фрагментарность внедрения цифровых решений;
- различия между отраслями и предприятиями в доступе к технологиям и компетенциям;
- необходимость обеспечивать непрерывность деятельности в условиях внешних ограничений.

Следовательно, для анализа промышленного развития недостаточно фиксировать сам факт применения отдельных технологий; необходимо учитывать, насколько предприятие способно объединять данные, знания, компетенции персонала и организационные ресурсы при принятии решений.

Перспективы Индустрии 5.0 в России формируются в специфической среде, определяемой взаимодействующими факторами: государственной политикой технологического суверенитета, форсированным импортозамещением, ростом инвестиций в отечественные ИТ-решения и нарастающими требованиями к резильентности промышленных систем. При этом выстраивающаяся система не является временным адаптационным ответом на внешнее давление – она выражает глубинную структурную трансформацию, в ходе которой цифровая экономика страны обретает качественно иную роль в промышленном развитии.

Таким образом, цифровая экономика Российской Федерации выступает не просто технологическим фоном, а активной системообразующей средой для развертывания концепции Индустрии 5.0: она формирует инфраструктурную базу, финансовые механизмы поддержки, институциональные рамки и технологические компетенции, необходимые для перехода промышленных предприятий к новому уровню интеллектуальной зрелости, устойчивости и резильентности.

***Резильентность промышленного предприятия***

Концепция резильентности в условиях Индустрии 5.0 приобретает особое стратегическое значение: Европейская комиссия в своем программном документе 2021 г. прямо включает резильентность в число трех ключевых ценностей промышленности будущего – наряду с человекоцентричностью и устойчивостью.

[10] Попова М. (2024) *Какие разработки требуются для новой индустриализации*. [online] Available at: https://www.rbc.ru/industries/news/67402e1b9a79472060a0292c [Accessed 19.07.2026]. (in Russian)

[11] Там же.

[12] КонсультатПлюс (2024) *Распоряжение Правительства РФ от 07.11.2023 № 3113-р* (*ред. от 26.02.2026*) «*Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности*». [online] Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_461541/ [Accessed 12.07.2026]. (in Russian)

[13] Там же.

Понятие «резильентность» имеет междисциплинарное происхождение и первоначально получило распространение в естественно-научных и медицинских исследованиях, где использовалось для характеристики способности организма или психики человека противостоять неблагоприятным воздействиям, восстанавливаться после них и сохранять функциональную устойчивость. Впоследствии данная категория была адаптирована для анализа социальных, экономических, региональных, отраслевых и организационных систем. В экономической интерпретации акцент смещается с индивидуальных психологических или физиологических ресурсов на способность системы сохранять функционирование, абсорбировать шоки, восстанавливаться, адаптироваться и осуществлять структурную трансформацию.

Следует отметить, что в современной научной экономической литературе отсутствует единое, общепринятое определение понятия «резильентность». В табл. 2 систематизированы различные трактовки понятия «резильентность», представленные в работах отечественных и зарубежных авторов.

**Таблица 2. Определение понятия «резильентность» в работах авторов**
**Table 2. The definition of the concept of "resilience" in the works of the authors**

| Автор | Определение |
|---|---|
| Акбердина В.В. [1] | Экономическая резильентность – это способность экономики полностью восстанавливаться после воздействия шоков различной природы за счет внутренних адаптивных свойств |
| Никулкина И.В., Гордячкова О.В., Калаврий Т. Ю., Вандерлинден Ж.-П. [2] | Под резильентностью социально-экономических систем понимается способность систем поглощать (абсорбировать) шоки, восстанавливаться (возвращаться в состояние динамического равновесия) и адаптироваться к ним (трансформироваться для роста), используя свой потенциал и ключевые ресурсы |
| Мыслякова Ю.Г. [18] | 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 |
| Chernova O.A. [30] | 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 |
| Кушнаренко Т.В. [31] | Резильентность – способность системы полностью восстанавливаться после шоков разной природы за счет адаптивного использования ее внутреннего потенциала |
| Романова О.А., Сиротин Д.В., Пономарева А.О. [3] | Резильентность промышленности индустриальных регионов – способность промышленности поглощать шоки, возвращаться в состояние динамического равновесия, адаптироваться к шокам, обеспечивая возможность обновления и трансформации для дальнейшего роста в меняющихся условиях, рекомбинируя имеющиеся ключевые ресурсы, интеллектуальный и научно-технологический потенциал |
| Красильникова Л.Е., Рущицкая О.А., Баландин Д.А., Федосеева С.С. [32] | Резильентность экосистемы – оперативная способность к восстановлению экономического роста в условиях преодоления шоков и неопределенности |
| Trippl M., Fastenrath S., Isaksen A. [33] | Резильентность региональной экономики – способность региональной экономики противостоять экономическим, экологическим и другим потрясениям или восстанавливаться после них, а также возвращаться на траекторию роста, если это необходимо, с помощью адаптивных изменений в экономических структурах, социальных и институциональных рамках |
| Тихончук Р.Г. [34] | Резильентность (жизнеспособность) – способность быстрого восстановления активности, переключения на открывшиеся возможности |

Большая часть отечественных исследований рассматривает резильентность в масштабах региона, отрасли или национальной экономики, связывая ее с поглощением шоков, восстановлением динамического равновесия, адаптацией и трансформацией. Однако на уровне промышленного предприятия указанные свойства проявляются через сохранение непрерывности критических процессов, устойчивость производственно-технологических цепочек, гибкость управленческих решений, способность к перераспределению ресурсов, воспроизводство компетенций и ускоренное организационное обучение.

Обобщение представленных подходов позволяет выделить шесть ключевых характеристик резильентности, наиболее значимых для анализа экономических систем и, в частности, промышленного предприятия:

1. Способность к поглощению (абсорбции) шока – нейтрализация воздействия без немедленного разрушения системы.
2. Восстановительный потенциал – возврат к исходному или новому равновесному состоянию после шокового воздействия.
3. Адаптивность – готовность структурно реорганизовываться под изменившиеся условия внешней среды.
4. Опора на внутренние ресурсы и потенциал – использование собственных интеллектуальных, технологических и организационных резервов.
5. Динамизм – принципиальная нелинейность системной реакции; резильентность – не статичное свойство, а активно управляемый процесс.
6. Трансформационный горизонт – направленность не только на «выживание», но и на качественное обновление системы в посткризисный период.

С учетом выделенных ключевых характеристик под резильентностью промышленного предприятия следует понимать динамически управляемую системную способность предприятия поглощать шоки различной природы и интенсивности, восстанавливать непрерывность и целостность производственно-технологической деятельности, адаптироваться к изменившимся условиям внешней и внутренней среды и трансформироваться для достижения нового уровня конкурентоспособности, опираясь на совокупность цифровых технологий, интеллектуальных компетенций, организационных компетенций и инновационного потенциала в соответствии с принципами Индустрии 5.0.

Под резильентным развитием промышленного предприятия при этом следует понимать управляемую траекторию сохранения непрерывности ключевых процессов, восстановления после нарушений, адаптации структуры и трансформации производственно-управленческой системы, при которой воздействие шоков не прекращает достижение стратегических целей предприятия.

***Инновационно-активное промышленное предприятие***

Инновационно-активное промышленное предприятие занимает особое место в системе агентов цифровой трансформации: именно оно, сочетая высокую восприимчивость к технологическим новшествам со стратегической ориентацией на создание и коммерциализацию инноваций, выступает одновременно объектом и субъектом процессов перехода к Индустрии 5.0.

Согласно приказу Росстата от 27.12.2019 № 818 «Об утверждении методики расчета показателя «Уровень инновационной активности организаций»», «к инновационно-активным относятся: организации, имевшие в отчетном году фактические затраты на один или несколько видов инновационной деятельности; выполнявшие в отчетном году научные исследования и разработки; отгружавшие в отчетном году инновационную продукцию (товары, работы, услуги) собственного производства; организации, вновь созданные в отчетном году»[14]. Вместе с тем российское законодательство и используемая официальная статистическая методология не устанавливают четких

[14] Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации (2019) *Приказ Росстата от 27.12.2019 № 818 «Об утверждении методики расчета показателя «Уровень инновационной активности организаций»*. [online] Available at: https://legalacts.ru/doc/prikaz-rosstata-ot-27122019-n-818-ob-utverzhdenii-metodiki/ [Accessed 17.08.2026]. (in Russian)

количественных порогов для отнесения организации к инновационно-активным – ни по доле инновационной продукции в общем объеме выпуска, ни по уровню затрат на научные исследования и разработки. Вследствие этого организации, осуществляющие поисковые или прикладные исследования, несущие затраты хотя бы по одному виду инновационной деятельности либо отгружающие инновационную продукцию собственного производства, формально могут быть отнесены к категории инновационно-активных. Данное обстоятельство обусловливает неоднородность совокупности инновационно-активных предприятий и необходимость учитывать интенсивность, результативность и систематичность их инновационной деятельности при проведении аналитических оценок.

Инновационно-активные предприятия демонстрируют качественно более высокую восприимчивость к сквозным цифровым технологиям по сравнению с традиционными производствами. По данным исследования ИСИЭЗ НИУ ВШЭ за 2024 г., в 2022–2024 гг. НИОКР выполняли 94,8% инновационно-активных организаций высокотехнологичных отраслей, а абсолютное большинство из них (93,2%) привлекало внешних контрагентов к реализации исследований и разработок[15] [35].

Цифровая трансформация инновационно-активного предприятия не сводится к автоматизации отдельных производственных операций – она затрагивает всю систему управления, организационную архитектуру и бизнес-модель. В контексте перехода к Индустрии 5.0 она предполагает освоение технологий нескольких классов: ИИ – для анализа данных, оптимизации процессов и поддержки принятия решений; IIoT – для мониторинга производственных активов в режиме реального времени; коботов – для организации безопасного и продуктивного взаимодействия человека и машины; аддитивного производства – для гибкой кастомизации изделий и сокращения производственных циклов; цифровых двойников – для виртуального прототипирования и предиктивного обслуживания. Именно интеграция этих технологий создает основу для перехода к концепции Индустрии 5.0.

Параллельно с освоением новых технологий инновационно-активные предприятия активно экспериментируют с новыми бизнес-моделями: переходят к модели «продукт-как-услуга» (Product-as-a-Service), развивают платформенные взаимодействия с клиентами и поставщиками, внедряют принципы открытых инноваций [36, 37]. Качественная трансформация бизнес-модели в направлении цифрового наполнения процессов знаниями и компетенциями позволяет предприятию не только выйти на уровень долгосрочного удержания конкурентоспособности в условиях Индустрии 5.0, но и обеспечить устойчивость к внешним шокам [28].

Более половины предприятий высокотехнологичных отраслей стратегически нацелено на интенсификацию инновационных процессов и повышение восприимчивости сотрудников к инновациям (51–62,9% в зависимости от приоритета), а из числа ориентированных на инновации абсолютное большинство (более 90%) инвестирует в НИОКР и привлекает сторонние организации к их совместной реализации[16].

***Интеллектуальный аспект цифровой зрелости***

Современный этап развития промышленных экосистем характеризуется качественным сдвигом в управленческой парадигме: акцент смещается с инфраструктурной цифровизации производства к его интеллектуализации – способности не просто обрабатывать данные, но генерировать знания, предвидеть изменения и автономно адаптироваться к ним.

В научном дискурсе последних лет данный сдвиг фиксируется через концептуальное разграничение понятий «цифровая зрелость» и «интеллектуальная цифровая зрелость»: цифровая зрелость характеризует степень интеграции цифровых инструментов и технологий в деловые

[15] CNews (2025) *Исследование ИСИЭЗ НИУ ВШЭ: открытость корпоративной науки в российском хайтеке*. [online] Available at: https://corp.cnews.ru/news/line/2025-05-27_issledovanie_isiez_niu_vshe [Accessed 29.08.2026]. (in Russian)

[16] Власова В.В., Чичканов Н.Ю. (2025) *Открытость корпоративной науки в российском хайтеке*. [online] Available at: https://issek.hse.ru/news/1050626713.html [Accessed 19.07.2026]. (in Russian)

процессы, систему управления и функциональные контуры предприятия, тогда как интеллектуальная цифровая зрелость отражает способность организации преобразовывать данные в знания, использовать технологии ИИ для предиктивного управления и обеспечивать стратегическое самообновление [12, 15, 16, 24].

В условиях экономики данных и Индустрии 5.0 интеллектуальная цифровая зрелость становится ключевым фактором конкурентоспособности. Она позволяет предприятию не просто реагировать на изменения, а предвидеть их, оптимизировать ресурсы, ускорять инновации и достигать технологического суверенитета [24].

Интеллектуальная цифровая зрелость формируется на пересечении двух взаимосвязанных процессов:

- цифровизации – внедрения ИКТ, платформ, облачных сервисов, IIoT, цифровых двойников, аналитических систем и средств автоматизации;
- интеллектуализации – применения ИИ, технологий обработки больших данных, когнитивных решений, систем поддержки принятия решений, предиктивной аналитики и механизмов управления знаниями.

Цифровые технологии сами по себе не обеспечивают стратегического эффекта. Их результативность определяется тем, в какой степени предприятие способно извлекать из данных знания, преобразовывать знания в решения, интегрировать интеллектуальные алгоритмы в хозяйственные процессы и использовать полученные результаты для развития инновационной деятельности. В этом отношении интеллектуальная цифровая зрелость характеризует качественный уровень развития предприятия, при котором цифровая среда становится не набором отдельных инструментов, а основой для адаптивного, обучающегося и инновационно ориентированного управления.

Анализ отечественных и зарубежных исследований позволяет выделить шесть взаимосвязанных аспектов интеллектуальной цифровой зрелости промышленного предприятия [15, 16, 24, 38, 39]:

- когнитивная гибкость и адаптивность;
- стратегическое управление знаниями;
- интеллектуальная технологическая инфраструктура;
- координация и синергия;
- непрерывное самообучение и предиктивное самообновление;
- интеллектуальная резильентность.

Интеллектуальная цифровая зрелость промышленного предприятия имеет комплексную структуру. Она выражается не в отдельном показателе, а в согласованном развитии ряда взаимосвязанных компонентов, содержательная характеристика которых представлена в табл. 3.

Согласованность перечисленных компонентов определяет, способно ли предприятие перейти от локального внедрения отдельных цифровых решений к формированию единой интеллектуальной системы управления.

Инновационно-активное промышленное предприятие, достигшее значимого уровня интеллектуальной цифровой зрелости, характеризуется следующими признаками:

- осуществляет систематические затраты на НИОКР, цифровую инфраструктуру, внедрение технологий и развитие человеческого капитала;
- разрабатывает и реализует продуктовые, процессные, организационные и бизнес-модельные инновации;
- использует данные как стратегический ресурс управления, а не только как побочный результат операционной деятельности;
- интегрирует технологии ИИ в производственные, логистические, управленческие и инновационные процессы;

**Таблица 3. Компоненты интеллектуальной цифровой зрелости промышленного предприятия**
**Table 3. Components of the intellectual digital maturity of an industrial enterprise**

| Компонент | Содержательная характеристика |
|---|---|
| Цифровая инфраструктура | Наличие интегрированных информационных систем, цифровых платформ, облачных решений, средств кибербезопасности, IIoT и систем сбора данных |
| Производственно-технологический компонент | Применение автоматизированных и интеллектуальных систем управления производством, цифровых двойников, предиктивного обслуживания, роботизации и технологий мониторинга в реальном времени |
| Данные и аналитика | Способность собирать, хранить, интегрировать, анализировать и использовать данные для поддержки производственных, управленческих и инновационных решений |
| Интеллектуальные технологии | Использование ИИ, машинного обучения, компьютерного зрения, когнитивной аналитики, интеллектуальных систем поддержки принятия решений |
| Человеческий капитал | Наличие цифровых, аналитических, управленческих и инженерных компетенций работников, а также готовность персонала к непрерывному обучению и взаимодействию с интеллектуальными системами |
| Инновационная активность | Систематическое осуществление НИОКР, внедрение продуктовых, процессных, организационных и бизнес-модельных инноваций |
| Организационно-управленческий контур | Наличие цифровой стратегии, механизмов управления цифровой трансформацией, проектных команд, процессов управления знаниями и цифровыми инициативами |
| Экосистемная интеграция | Развитие кооперационных связей с вузами, научными организациями, ИТ-компаниями, поставщиками, заказчиками, институтами развития и платформенными партнерами |

Источник: разработано авторами.

• располагает компетенциями для взаимодействия работников с интеллектуальными цифровыми системами;

• применяет механизмы управления знаниями, обеспечивающие накопление, распространение и использование опыта;

• поддерживает кооперацию с организациями науки, образования, ИТ-сектором, поставщиками и потребителями;

• обладает защищенными результатами интеллектуальной деятельности, включая патенты, программные решения, базы данных, ноу-хау и цифровые платформы;

• способно поддерживать непрерывность производственной деятельности, адаптироваться к рискам и трансформировать бизнес-процессы в условиях нестабильности.

Таким образом, интеллектуальная цифровая зрелость отражает способность предприятия не только использовать цифровые технологии, но и обеспечивать их осмысленное, стратегически ориентированное и инновационно результативное применение. Она предполагает объединение технологических возможностей, интеллектуального капитала, цифровых компетенций, организационных механизмов, инновационной активности и экосистемных связей.

Совокупность рассмотренных аспектов формирует целостную теоретическую конструкцию, в которой технологическая база выступает лишь инфраструктурным условием, а сущностным критерием зрелости остается способность промышленной системы к когнитивной самоорганизации, стратегическому предвидению и резильентной адаптации.

***Понятие и особенности интеллектуальной цифровой зрелости промышленного предприятия***

Общее понятие интеллектуальной цифровой зрелости характеризует качественный уровень развития промышленной организации. Однако с учетом специфики объекта исследования требуется его конкретизация применительно к инновационно-активному промышленному предприятию, для которого существенными признаками выступают систематическое осуществление НИОКР, способность к коммерциализации инноваций, развитие интеллектуальной собственности и участие в экосистемных взаимодействиях.

Таким образом, под интеллектуальной цифровой зрелостью предлагается понимать интегральную характеристику, отражающую способности предприятия системно использовать цифровые и интеллектуальные технологии не только для автоматизации и оптимизации процессов, но и для когнитивной саморефлексии, стратегического управления знаниями, координации и синергии между внутренними подразделениями и партнерами экосистемы, непрерывного самообучения и предиктивной адаптации, обеспечивающих резильентность и технологическое развитие предприятия в условиях Индустрии 5.0.

Эволюция концепций зрелости применительно к предприятию в научной литературе прослеживается как последовательная смена четырех парадигм:

• технологическая зрелость представляет собой начальный этап эволюции концепции, на котором предметом оценки выступает исключительно степень готовности конкретной технологии к практическому внедрению Методологическую основу данного подхода составляют порядковые шкалы уровней готовности технологии (Technology Readiness Level, TRL), первоначально разработанные Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA) для структурирования траектории развития технологии — от стадии фундаментальных исследований (TRL 1) до подтвержденной эксплуатации в реальных условиях (TRL 9). В дальнейшем методологический аппарат был дополнен производными шкалами, в том числе уровнями производственной готовности (Manufacturing Readiness Level, MRL), что обеспечило распространение оценочного инструментария на смежные стадии перехода технологии от концептуальной идеи к серийному коммерческому продукту. Сущностная функция данного подхода заключается в структурировании инновационного цикла с целью обоснованного распределения ресурсов и минимизации технологических рисков на каждом его этапе[17] [40, 41];

• цифровая зрелость предполагает расширение предмета оценки: организация начинает рассматриваться не как изолированный носитель отдельных технологий, а как целостная система, в которой цифровые инструменты интегрированы в структуру бизнес-процессов. Предметом измерения на данном этапе выступает глубина проникновения цифровизации в различные функциональные сферы предприятия – от технологической инфраструктуры и программных платформ до профессиональных компетенций персонала и организационной цифровой культуры. Целевой установкой оценки является определение эффективности использования организацией цифровых инструментов для трансформации операционных моделей и достижения стратегических целей. Указанный методологический сдвиг обусловил появление широкого спектра диагностических моделей цифровой зрелости (в частности, моделей консалтинговой компании Deloitte и Центра перспективных управленческих решений), декомпозирующих исследуемую категорию на взаимосвязанные компоненты: технологии, процессы, организационную культуру, данные и кадровый потенциал [42, 43];

• готовность к внедрению и использованию ИИ формируется как самостоятельный этап эволюции концепции в связи с распространением технологий ИИ и осознанием их потенциала для поддержки управленческих решений. Принципиальное методологическое положение данного

[17] Востров Н.В. (б. г.) TRL 9 – и никто не покупает: почему одной шкалы готовности технологии недостаточно. [online] Available at: https://inno.hse.ru/blog/trl-9-i-nikto-ne-pokupaet/ [Accessed 29.08.2026]. (in Russian)

этапа состоит в том, что готовность к внедрению ИИ не сводится к наличию соответствующих алгоритмов, а предполагает комплексную организационную подготовленность, включающую зрелость данных (их качество и структурированность), отлаженность бизнес-процессов, соответствующую технологическую архитектуру, развитые профессиональные компетенции и четко сформулированную стратегию цифрового развития [23];

• когнитивно-интеллектуальная зрелость представляет собой наиболее современный и методологически сложный этап эволюции рассматриваемой концепции; на этом этапе осуществляется парадигматический переход от технологически ориентированной операционной эффективности к адаптивности, управляемой знаниями. Аналитический фокус данного этапа сосредоточен на синергетическом взаимодействии человека и систем ИИ: способности организации к совместному с технологиями обучению, формированию распределенной способности к самообучению и рефлексивному управлению, предполагающему систематический анализ результатов, корректировку стратегических траекторий и учет этических и социальных аспектов принимаемых решений. Отличительной характеристикой данного этапа выступает не автоматизация рутинных операционных задач как таковая, а глубокая функциональная интеграция человеческого интеллекта и ИИ, при которой ИИ и человек дополняют друг друга, а организация формирует культуру непрерывного обучения и адаптивности [40].

Данная траектория отражает не механическую смену объектов оценки, а последовательное усложнение аналитической рамки – от локальной технической готовности к системной когнитивной адаптивности организации в целом. При этом важно отметить, что эволюция четырех парадигм отражает не последовательную замену предшествующих подходов, а их кумулятивное наслоение: каждый последующий этап расширяет предметную область оценки, не исключая методологический инструментарий предыдущего, а дополняя, усложняя и расширяя его.

Переход от цифровой зрелости к интеллектуальной цифровой зрелости отражает логику движения промышленного предприятия от стадии оцифровки процессов к стадии их интеллектуализации – когда предприятие приобретает способность не только накапливать и обрабатывать данные, но и генерировать новые знания, адаптировать поведение в условиях неопределенности, самоорганизовываться через механизмы человеко-машинного взаимодействия.

В научном дискурсе категория «зрелость» применительно к промышленному предприятию наполняется различным содержанием в зависимости от доминирующей технологической парадигмы. Сравнительная характеристика концепций зрелости промышленного предприятия в контексте перехода от Индустрии 4.0. к Индустрии 5.0. представлена в табл. 4.

Сопоставление показывает, что интеллектуальная цифровая зрелость не сводится к сумме цифровой и интеллектуальной составляющих. Ее содержание определяется тем, насколько согласованно предприятие использует технологическую инфраструктуру, данные, знания и человеческие компетенции для инновационной деятельности. Для инновационно-активного промышленного предприятия особенно важно, чтобы такая согласованность проявлялась не только внутри организации, но и во взаимодействии с партнерами цифровой промышленной экосистемы.

Предлагается следующее авторское определение: интеллектуальная цифровая зрелость инновационно-активного промышленного предприятия – интегральная характеристика хозяйствующего субъекта промышленного производства, отражающая степень сформированности способности предприятия системно интегрировать цифровые и интеллектуальные технологии, включая технологии ИИ и машинного обучения, в производственные, управленческие и инновационные процессы для когнитивной саморефлексии, стратегического управления знаниями, непрерывного самообучения, координации и синергии со структурообразующими партнерами цифровой промышленной экосистемы, адаптации к изменениям внешней среды и поддержания инновационной активности в условиях резильентности и перехода к Индустрии 5.0.

**Таблица 4. Соотношение цифровой, интеллектуальной и интеллектуальной цифровой зрелости промышленного предприятия**
**Table 4. The relationship between digital, intellectual, and intellectual-digital maturity of an industrial enterprise**

| Параметр сравнения | Цифровая зрелость | Интеллектуальная зрелость | Интеллектуальная цифровая зрелость |
|---|---|---|---|
| Сущностная основа | Технологическая интеграция | Когнитивное развитие акторов | Синергия человека, цифровых технологий и ИИ |
| Ключевой критерий | Внедрение цифровых технологий | Управление знаниями и мышлением | Самообучение, самоорганизация, адаптация |
| Управленческий фокус | Эффективность процессов | Развитие компетенций и менталитета | Когнитивная адаптивность в условиях резильентности |
| Основные инструменты | IoT, большие данные, цифровые платформы | Управление знаниями, когнитивный дизайн | ИИ, машинное обучение, когнитивные экосистемы |
| Целевой результат | Оцифровка деятельности | Рост интеллектуального потенциала | Самообучающаяся инновационная экосистема |
| Парадигматический контекст | Индустрия 4.0 | Поздняя Индустрия 4.0 / переход к Индустрии 5.0 | Индустрия 5.0 / Индустрия 6.0 |

Источник: разработано авторами.

**Заключение**

В результате исследований получены следующие основные результаты:

1. Установлено, что переход от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 не означает отказа от цифровизации, автоматизации, киберфизических систем и технологий ИИ, а отражает изменение целей их применения. В отличие от преимущественно технологически ориентированной логики Индустрии 4.0, парадигма Индустрии 5.0 акцентирует человекоцентричность, устойчивость и резильентность промышленного развития. Научная новизна данного результата состоит в обосновании необходимости рассматривать цифровую трансформацию промышленного предприятия не только как внедрение технологий, но и как формирование способности к адаптивному, интеллектуально обеспеченному и резильентному развитию.

2. Выявлено, что цифровая трансформация российской промышленности протекает в условиях роста инвестиций в цифровую экономику, развития цифровой инфраструктуры, расширения применения технологий ИИ и усиления государственного регулирования в сфере технологического суверенитета. Вместе с тем ее сдерживают фрагментарность цифровизации, неравномерность технологической готовности предприятий, дефицит цифровых компетенций, ограниченность финансовых ресурсов, недостаточная интеграция данных и цифровых решений в производственные и управленческие процессы. Научная новизна результата заключается в систематизации факторов и ограничений, обусловливающих необходимость перехода от локальной автоматизации к формированию интеллектуальной цифровой зрелости промышленного предприятия.

3. Систематизация научных подходов позволила уточнить содержание резильентности промышленного предприятия как динамически управляемой системной способности поглощать шоки различной природы и интенсивности, восстанавливать непрерывность и целостность производственно-технологической деятельности, адаптироваться к изменяющимся условиям и трансформироваться для достижения нового уровня конкурентоспособности. Научная новизна данного результата заключается в конкретизации категории резильентности применительно к промышленному предприятию посредством интеграции абсорбционного, восстановительного,

адаптационного, ресурсно-компетентностного, организационного, инновационного и трансформационного аспектов.

4. Систематизированы теоретические подходы к исследованию цифровой, интеллектуальной и интеллектуальной цифровой зрелости предприятия. Установлено, что цифровая зрелость характеризует степень интеграции цифровых технологий в процессы и систему управления; интеллектуальная зрелость отражает способность формировать, накапливать и использовать знания; интеллектуальная цифровая зрелость выражает синергетическую способность предприятия интегрировать цифровую инфраструктуру, данные, технологии ИИ, человеческий капитал, управление знаниями, инновационную активность и экосистемные связи для самообучения, стратегического предвидения и адаптации. Научная новизна результата состоит в обосновании интеллектуальной цифровой зрелости как самостоятельной интегральной характеристики, не сводимой к сумме цифровой и интеллектуальной зрелости.

5. Уточнен терминологический аппарат экономики цифровой промышленности и предложено авторское определение интеллектуальной цифровой зрелости инновационно-активного промышленного предприятия. Под ней понимается интегральная характеристика хозяйствующего субъекта промышленного производства, отражающая степень сформированности способности системно интегрировать цифровые и интеллектуальные технологии, включая технологии ИИ и машинного обучения, в производственные, управленческие и инновационные процессы для стратегического управления знаниями, непрерывного самообучения, координации с участниками промышленной экосистемы, адаптации к изменениям внешней среды и поддержания инновационной активности в условиях резильентности и перехода к Индустрии 5.0. Научная новизна результата состоит во включении в содержание данной категории технологического, интеллектуально-когнитивного, кадрового, инновационного, экосистемного и резильентного измерений.

Проведенное исследование подтверждает, что интеллектуальная цифровая зрелость выступает одной из ключевых предпосылок резильентного развития инновационно-активного промышленного предприятия в парадигме Индустрии 5.0. Ее формирование обеспечивает переход от использования разрозненных цифровых решений к созданию целостной системы управления, основанной на данных, знаниях, технологиях ИИ, развитии человеческого капитала и кооперации с участниками промышленной экосистемы.

Следовательно, резильентность промышленного предприятия следует рассматривать не только как способность сохранять непрерывность деятельности и восстанавливаться после негативных воздействий, но и как результат развития его интеллектуально-цифрового потенциала. Сформированные теоретические положения создают основу для дальнейшей разработки методики, алгоритма и инструментария оценки интеллектуальной цифровой зрелости инновационно-активных промышленных предприятий в условиях резильентности и становления Индустрии 5.0.

***Направления дальнейших исследований***

В ходе дальнейшего исследования предполагается разработать этапы, алгоритм и методику оценки интеллектуальной цифровой зрелости инновационно-активного промышленного предприятия в условиях резильентности и Индустрии 5.0.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акбердина В.В. (2021) Резильентность экономики: факторы устойчивости к шокам. *Стратегии развития социальных общностей, институтов и территорий*, 1, 8–15.

2. Никулкина И.В., Гордячкова О.В., Калаврий Т.Ю., Вандерлинден Ж.-П. (2022) Резильентность социально-экономических систем: методологический аспект. *Вопросы инновационной экономики*, 12 (1), 659–668. DOI: 10.18334/vinec.12.1.114087

3. 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. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4

4. Пронин А.Ю. (2024) Тенденции цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий в условиях перехода от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0. *Cifra. Экономика*, 3 (6), ст. № 2. DOI: 10.60797/ECNMS.2024.6.1

5. Кузьмин Е.А. (2024) Концептуальные различия Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0. *Тенденции экономического развития в XXI веке*, 1, 462–465.

6. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Шкарупета Е.В. (2025) Индустрия 6.0: методология, инструментарий, практика. *π-Economy*, 18 (1), 21–56. DOI: 10.18721/JE.18102

7. Родионов Д.Г., Бабкин А.В. (2025) *Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 6.0* (*ИНПРОМ-2025*), СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС.

8. Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. (2024) Индустрия 6.0: сущность, тенденции и стратегические возможности для России. *Экономика промышленности*, 17 (4), 353–377. DOI: 10.17073/2072-1633-2024-4-1369

9. Карпухина Н.Н., Митяков Е.С., Пронин А.Ю. (2025) Промышленные революции: от Индустрии 3.0 к Индустрии 5.0 в контексте российской экономики. *Russian Technological Journal*, 13 (4), 123–134. DOI: 10.32362/2500-316X-2025-13-4-123-134

10. Симонин П.В., Анохин С.А., Надточий Ю.Б., Кузьмина А.А., Костромина Е.А., Капустина Н.В., Семчишина О.Т., Мухаррамова Э.Р. (2025) Концептуальная модель цифровой экосистемы Индустрии 5.0: проблемы интеграции машинного и человеческого интеллекта. *Уголь*, 4 (1192), 71–75. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-71-75

11. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клачек П.М. (2021) Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие. *Экономика промышленности*, 14 (4), 375–395. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395

12. Вертакова Ю.В., Шкарупета Е.В. (2025) Интеллектуальное производство в условиях индустрии X.0. *Экономическое возрождение России*, 1 (83), 146–162. DOI: 10.37930/1990-9780-2025-1-83-146-162

13. Гуськова Н.Д., Ерастова А.В. (2024) Управление цифровой трансформацией предприятия. *Международный научно-исследовательский журнал*, 6 (144), ст. № 138. DOI: 10.60797/IRJ.2024.144.42

14. Кириллова Т.В., Мануша Д.В. (2023) Проблемы цифровой трансформации предприятий. *Прогрессивная экономика*, 7, 42–63. DOI: 10.54861/27131211_2023_7_42

15. Гилева Т.А., Бабкин И.А. (2026) Оценка интеллектуальной зрелости промышленных систем: интеграция концепций и инструментов. *Экономическая наука современной России*, 29 (1), 123–136. DOI: 10.33293/1609-1442-2026-29(1)-123-136

16. Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В. (2025) Оценка и управление интеллектуально-цифровой зрелостью промышленной экосистемы. *Российский журнал менеджмента*, 23 (4), 544–567.

17. Ефремова Е.Н., Сорокина В.Е., Фельдман М.А. (2025) Понятие цифровой зрелости организации и роль искусственного интеллекта в ее формировании. *Креативная экономика*, 19 (11), 3053–3068. DOI: 10.18334/ce.19.11.124198

18. Мыслякова Ю.Г. (2022) Экономическая резильентность индустриальных регионов: инновационный аспект. *Экономика и управление*, 28 (12), 1242–1251. DOI: 10.35854/1998-1627-2022-12-1242-1251

19. Golovianko M., Terziyan V., Branytskyi V., Malyk D. (2023) Industry 4.0 vs. Industry 5.0: Co-existence, transition, or a hybrid. *Procedia Computer Science*, 217, 102–113. DOI: 10.1016/j.procs.2022.12.206

20. Курлов В.В., Косухина М.А., Курлов А.В. (2022) Модель оценки цифровой зрелости промышленного предприятия. *Экономика и управление*, 28 (5), 439–451. DOI: 10.35854/1998-1627-2022-5-439-451

21. Бабкин А.В., Михайлов П. А., Шкарупета Е.В., Чэнь Лэйфэй (2025) Инструментарий оценки цифровой зрелости интеллектуальной промышленной экосистемы на основе коэволюции и экосистемной синергии. *π-Economy*, 18 (4), 32–53. DOI: 10.18721/JE.18402

22. Нестеренко Ю.Н. (2025) Методология измерения цифровой зрелости предприятий промышленности и ее связь с результативностью автоматизации инновационной активностью и экспортной конкурентоспособностью. *Вопросы природопользования*, 4 (7), 146–155. DOI: 10.25726/x4719-8779-8778-h

23. Скворцова И.В., Тесля А.Б., Сомов А.Г. (2026) Оценка готовности промышленных предприятий к внедрению искусственного интеллекта как основа выбора стратегических направлений цифровой трансформации. *π-Economy*, 19 (2), 7–28. DOI: 10.18721/JE.19201

24. Глухов В.В., Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Здольникова С.В. (2025) Формирование терминологической платформы стратегического управления интеллектуальной зрелостью промышленных экосистем в целях технологического суверенитета. *Экономика и управление*, 31 (8), 1016–1029. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-8-1016-1029

25. Краковская И.Н., Корокошко Ю.В., Слушкина Ю.Ю. (2024) Цифровая зрелость промышленных предприятий: опыт оценки. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 40 (3), 433–459. DOI: 10.21638/spbu05.2024.305

26. Зайцев В.Е. (2019) Цифровая экономика как объект исследования: обзор публикаций. *Вопросы государственного и муниципального управления*, 3, 107–122.

27. Розанова Н.М. (2023) Индустрия 5.0: золотой век или прыжок в темноту? *Вестник Института экономики Российской академии наук*, 6, 61–77. DOI: 10.52180/2073-6487_2023_6_61_77

28. Родионова В.Н., Антонов И.С. (2024) Многокритериальный анализ и цифровые решения для повышения конкурентоспособности предприятий в условиях Индустрии 5.0. *π-Economy*, 17 (5), 32–44. DOI: 10.18721/JE.17502

29. Абашкин В.Л., Абдрахманова Г.И., Бочаров М.Я., Вишневский К.О., Гохберг Л.М. и др. (2026) *Индикаторы цифровой экономики: 2026* (редкол. Н.Ю. Анисимов, С.С. Галкин, Л.М. Гохберг, С.С. Карецкая, Я.И. Кузьминов, А.В. Чукарин), статистический сборник, М.: ИСИЭЗ ВШЭ.

30. Chernova O.A., Gridnev D.S. (2023) Resilience of Russian regions in the face of COVID-19. *Regional Statistics*, 13 (1), 76–93. DOI: 10.15196/rs130104

31. Кушнаренко Т.В. (2022) Движущая роль региональной промышленности в обеспечении резильентности экономик территорий с разными укладами. *Естественно-гуманитарные исследования*, 44 (6), 162–166.

32. 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. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-78-90

33. Trippl M., Fastenrath S., Isaksen A. (2023) Rethinking regional economic resilience: Preconditions and processes shaping transformative resilience. *European Urban and Regional Studies*, 31 (2), 101–115. DOI: 10.1177/09697764231172326

34. 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. DOI: 10.38197/2072-2060-2024-245-1-194-209

35. Власова В.В., Гохберг Л.М., Грачева Г.А. и др. (2024) *Индикаторы инновационной деятельности: 2024* (редкол. Н.Ю. Анисимов, Л.М. Гохберг, М.А. Колесников, Я.И. Кузьминов), статистический сборник, М.: ИСИЭЗ ВШЭ.

36. Балашова Е.С., Стукалов В.В. (2025) Стратегические направления трансформации бизнес-моделей промышленных предприятий в контексте цифровизации. *Прогрессивная экономика*, 10, 48–62. DOI: 10.54861/27131211_2025_10_48

37. Куимов В.В., Щербенко Е.В., Юшкова Л.В. (2023) Переход к экосистемным платформенным взаимодействиям бизнесов региона – основа инновационного развития в новом технологическом укладе. *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки*, 16 (10), 1820–1827.

38. Patil S.V., Srinivas S.B., Tussing D.V., Rhee J. (2025) Addressing the Flexible Use of Cognitive Flexibility Constructs: Toward a Multifaceted Approach. *Academy of Management Annals*, 19 (1), 74–131. DOI: 10.5465/annals.2023.0078

39. Colangelo E., Fries C., Hinrichsen T.-F., Szaller Á., Nick G. (2022) Maturity Model for AI in Smart Production Planning and Control System. *Procedia CIRP*, 107, 493–498. DOI: 10.1016/j.procir.2022.05.014

40. Исопел Д.О. (2025) Управление неопределенностью на ранних этапах жизненного цикла высокотехнологичного продукта: от фундаментальной идеи до MVP. *Вестник Евразийской науки*, 17 (s6), ст. № 54FAVN625.

41. Петров А.Н., Сартори А.В., Филимонов А.В. (2016) Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий. *Экономика науки*, 2 (4), 244–260. DOI: 10.22394/2410-132x-2016-2-4-244-260

42. Стырин Е.М., Атаева А.Г., Жатикова Д.В. (2025) *Цифровая зрелость государственного управления в России: теория, методология, практика оценки*, монография, М.: Издательский дом Высшей школы экономики. DOI: 10.17323/978-5-7598-4472-3

43. Тарасова Н.В., Пастухова И.П., Казаков А.Е. (2023) *Оценка «цифровой зрелости»: подходы, методики, инструментарий*, М.: РАНХиГС.

## REFERENCES

1. Akberdina V. (2021) Economic resilience: shock resistance factors. *Strategii razvitiia sotsial'nykh obshchnostei, institutov i territorii* [*Development strategies for social communities, institutions, and territories*], 1, 8–15.

2. Nikulkina I.V., Gordyachkova O.V., Kalavriy T.Y., Vanderlinden Z. (2022) Socio-economic systems resilience: methodological aspect. *Russian Journal of Innovation Economics*, 12 (1), 659–668. DOI: 10.18334/vinec.12.1.114087

3. Romanova O.A., Sirotin D.Vl., Ponomareva A.O. (2022) From Resistance Economy to Resilient Economy (the Case of an Industrial Region in Russia). *AlterEconomics*, 19 (4), 620–637. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4

4. Pronin A.Y. (2024) Tendencies of digital transformation of high-tech enterprises in the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0. *Cifra. Economics*, 3 (6), art. no. 2. DOI: 10.60797/ECNMS.2024.6.1

5. Kuzmin E.A. (2024) Conceptual differences between Industry 4.0 and Industry 5.0. *Tendentsii ekonomicheskogo razvitiia v XXI veke* [*Trends in Economic Development in the 21st Century*], 1, 462–465.

6. Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M., Shkarupeta E.V. (2025) Industry 6.0: methodology, tools, practice. *π-Economy*, 18 (1), 21–56. DOI: 10.18721/JE.18102

7. Rodionov D.G., Babkin A.V. (2025) *Intellektual'naia inzhenernaia ekonomika i Industriia 6.0* (*INPROM-2025*) [*Intelligent Engineering Economics and Industry 6.0* (*INPROM-2025*)], St. Petersburg: POLITEKH-PRESS.

8. Babkin A.B., Shkarupeta E.V. (2024) Industry 6.0: the essence, trends and strategic opportunities for Russia. *Russian Journal of Industrial Economics*, 17 (4), 353–377. DOI: 10.17073/2072-1633-2024-4-1369

9. Karpukhina N.N., Mityakov E.S., Pronin A.Yu. (2025) Industrial revolutions: From Industry 3.0 to Industry 5.0 in the context of the Russian economy. *Russian Technological Journal*, 13 (4), 123–134. DOI: 10.32362/2500-316X-2025-13-4-123-134

10. Simomin P.V., Anokhin S.A., Nadtochiy Yu.B., Kuzmina A.A., Kostromina E.A., Kapustina N.V., Semchishina O.T., Mukharramova E.R. (2025) A conceptual model of Industry 5.0 digital ecosystem: challenges of integrating machine and human intelligence. *Ugol'*, 4 (1192), 71–75. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-71-75

11. Babkin A.V., Fedorov A.A., Liberman I.V., Klachek P.M. (2021) Industry 5.0: concept, formation and development. *Russian Journal of Industrial Economics*, 14 (4), 375–395. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395

12. Vertakova Yu.V., Shkarupeta E.V. (2025) Intelligent manufacturing in the context of Industry X.0. *Economic Revival of Russia*, 1 (83), 146–162. DOI: 10.37930/1990-9780-2025-1-83-146-162

13. Guskova N.D., Erastova A.V. (2024) Managing the digital transformation of an enterprise. *International Research Journal*, 6 (144), art. no. 138. DOI: 10.60797/IRJ.2024.144.42

14. Kirillova T.V., Manusha D.V. (2023) Problems of digital transformation of enterprises. *Progressive Economics*, 7, 42–63. DOI: 10.54861/27131211_2023_7_42

15. Gileva T.A., Babkin I.A. (2026) Assessing the intellectual maturity of industrial systems: integration of concepts and tools. *Economics of Contemporary Russia*, 29 (1), 123–136. DOI: 10.33293/1609-1442-2026-29(1)-123-136

16. Glukhov V.V., Babkin A.V., Shkarupeta E.V. (2025) Assessing and managing the intelligent and digital maturity of the industrial ecosystem. *Russian Management Journal*, 23 (4), 544–567.

17. Efremova E.N., Sorokina V.E., Feldman M.A. (2025) The concept of digital maturity of an organization and the role of artificial intelligence in its development. *Creative Economy*, 19 (11), 3053–3068. DOI: 10.18334/ce.19.11.124198

18. Myslyakova Yu.G. (2022) Economic resilience of industrial regions: The innovative aspect. *Economics and Management*, 28 (12), 1242–1251. DOI: 10.35854/1998-1627-2022-12-1242-1251

19. Golovianko M., Terziyan V., Branytskyi V., Malyk D. (2023) Industry 4.0 vs. Industry 5.0: Co-existence, transition, or a hybrid. *Procedia Computer Science*, 217, 102–113. DOI: 10.1016/j.procs.2022.12.206

20. Kurlov V.V., Kosukhina M.A., Kurlov A.V. (2022) Model for assessing the digital maturity of an industrial enterprise. *Economics and Management*, 28 (5), 439–451. DOI: 10.35854/1998-1627-2022-5-439-451

21. Babkin A.V., Mikhailov P.A., Shkarupeta E.V., Chen Leifei (2025) A toolkit for assessing the digital maturity of an intelligent industrial ecosystem based on coevolution and ecosystem synergy. *π-Economy*, 18 (4), 32–53. DOI: 10.18721/JE.18402

22. Nesterenko Y.N. (2025) Methodology for measuring the digital maturity of industrial enterprises and its relationship with the performance of automation, innovation activity, and export competitiveness. *Environmental Management Issues*, 4 (7), 146–155. DOI: 10.25726/x4719-8779-8778-h

23. Skvortsova I.V., Teslya A.B., Somov A.G. (2026) Assessing industrial enterprise readiness for artificial intelligence implementation as a basis for strategic digital transformation directions. *π-Economy*, 19 (2), 7–28. DOI: 10.18721/JE.19201

24. Glukhov V.V., Babkin A.V., Shkarupeta E.V., Zdolnikova S.V. (2025) Creation of a terminological platform for strategic management of the intellectual maturity of industrial ecosystems for the purposes of technological sovereignty. *Economics and Management*, 31 (8), 1016–1029. DOI: 10.35854/1998-1627-2025-8-1016-1029

25. Krakovskaya I.N., Korokoshko J.V., Slushkina Yu.Yu. (2024) Digital maturity of industrial enterprises: Evaluation experience. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 40 (3), 433–459. DOI: 10.21638/spbu05.2024

26. Zaistev V.E. (2019). Digital Economy as a Research Object: A Literature Review. *Public Administration Issue*, 3, 107–122.

27. Rozanova N.M. (2023) Industry 5.0: A golden age or a leap into the dark? *The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*, 6, 61–77. DOI: 10.52180/2073-6487_2023_6_61_77

28. Rodionova V.N., Antonov I.S. (2024) Multi-criteria analysis and digital solutions to improve the competitiveness of enterprises in the context of Industry 5.0. *π-Economy*, 17 (5), 32–44. DOI: 10.18721/JE.17502

29. Abashkin V., Abdrakhmanova G., Bocharov M., Vishnevskiy K., Gokhberg L.et al. *Digital Economy Indicators in the Russian Federation: 2026: Data Book*. Moscow: HSE ISSEK, 2026.

30. Chernova O.A., Gridnev D.S. (2023) Resilience of Russian regions in the face of COVID-19. *Regional Statistics*, 13 (1), 76–93. DOI: 10.15196/rs130104

31. Kushnarenko T.V. (2022) Driving role of regional industry in ensuring resiliency of economies of territories with different structures. *Natural-Humanitarian Studies*, 44 (6), 162–166.

32. Krasilnikova L.E., Rushchitskaya O.A., Balandin D.A., Fedoseeva S.S. (2022) Resilience assessment of the rural territorial space. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 10 (225), 78–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-225-10-78-90

33. Trippl M., Fastenrath S., Isaksen A. (2023) Rethinking regional economic resilience: Preconditions and processes shaping transformative resilience. *European Urban and Regional Studies*, 31 (2), 101–115. DOI: 10.1177/09697764231172326

34. Tikhonchuk R.G. (2024) Resilience modeling as an alternative to transforming the management of regional systems in the context of digitalization. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*, 245 (1), 194–209. DOI: 10.38197/2072-2060-2024-245-1-194-209

35. Vlasova V., Gokhberg L., Gracheva G. et al. *Indicators of Innovation in the Russian Federation: 2024: Data Book*. Moscow: ISSEK HSE, 2024.

36. Balashova E.S., Stukalov V.V. (2025) Strategic directions for the transformation of industrial enterprises' business models in the context of digitalization. *Progressive Economy*, 10, 48–62. DOI: 10.54861/27131211_2025_10_48

37. Kuimov V.V., Shcherbenko E.V., Iushkova L.V. (2023) The transition to ecosystem platform interactions of businesses in the region is the basis of innovative development in a new technological way. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 16 (10), 1820–1827.

38. Patil S.V., Srinivas S.B., Tussing D.V., Rhee J. (2025) Addressing the Flexible Use of Cognitive Flexibility Constructs: Toward a Multifaceted Approach. *Academy of Management Annals*, 19 (1), 74–131. DOI: 10.5465/annals.2023.0078

39. Colangelo E., Fries C., Hinrichsen T.-F., Szaller Á., Nick G. (2022) Maturity Model for AI in Smart Production Planning and Control System. *Procedia CIRP*, 107, 493–498. DOI: 10.1016/j.procir.2022.05.014

40. Isopel D.O. (2025) Uncertainty management in the early stages of a high-tech product life cycle: from fundamental idea to MVP. *The Eurasian Scientific Journal*, 17(s6), art. no. 54FAVN625.

41. Petrov A.N., Sartory A.V., Filimonov A.V. (2016) Comprehensive assessment of the status scientific and technical projects using Technology Project Readiness Level. *Economics of Science*, 2 (4), 244–260. DOI: 10.22394/2410-132x-2016-2-4-244-260

42. Styrin E.M., Ataeva A.G., Zhatikova D.V. (2025) *Tsifrovaia zrelost' gosudarstvennogo upravleniia v Rossii: teoriia, metodologiia, praktika otsenki* [*Digital maturity of public administration in Russia: theory, methodology, assessment practice*], monograph, Moscow: Izdatel'skii dom Vysshei shkoly ekonomiki. DOI: 10.17323/978-5-7598-4472-3

43. Tarasova N.V., Pastukhova I.P., Kazakov A.E. (2023) *Digital «maturity assessment»: approaches, methodologies, tools*, Moscow: RANEPA.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**ТРАПЕЗНИКОВА Анна Михайловна**
E-mail: trapeznikova.am@yandex.ru
**Anna M. TRAPEZNIKOVA**
E-mail: trapeznikova.am@yandex.ru

**БАБКИН Александр Васильевич**
E-mail: al-vas@mail.ru
**Aleksandr V. BABKIN**
E-mail: al-vas@mail.ru

*Поступила: 05.09.2026; Одобрена: 08.10.2026; Принята: 08.10.2026.*
*Submitted: 05.09.2026; Approved: 08.10.2026; Accepted: 08.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 158–176.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 158–176.

Научная статья
УДК 005.53:004.8
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19509
EDN: https://elibrary/IOAYHP

# КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

**Н.С. Лукашевич** ✉

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

✉ lukashevich@spbstu.ru

**Аннотация.** Распространение генеративных моделей и автономных систем на основе искусственного интеллекта (ИИ-агентов) трансформирует архитектуру управленческих процессов, изменяя распределение функций, полномочий и ответственности в системах поддержки принятия управленческих решений. Такая трансформация актуализирует научную проблему обоснованного делегирования полномочий ИИ-агентам при сохранении субъектной роли и автономии человека в процессе принятия решений. Несмотря на значительное число исследований по алгоритмическому управлению и этике ИИ, в управленческой науке отсутствует методологический аппарат, позволяющий определять допустимый уровень автономности ИИ-агента с учетом характеристик управленческих задач и организационно-технической среды. Цель исследования состоит в разработке концептуальной модели и принципов человеко-агентного взаимодействия в системах поддержки принятия решений, позволяющих обосновывать делегирование ИИ-агенту полномочий и определять уровень его автономности. В исследовании использованы системный подход, сравнительный анализ существующих моделей автономности интеллектуальных систем, контент-анализ научной литературы, концептуальное моделирование и логико-структурный синтез. Методологическую основу составил междисциплинарный подход, объединяющий положения теории принятия решений, гуманистического и алгоритмического управления, организационной теории и прикладной этики ИИ. С позиций гуманистической теории организации обосновано разграничение автономности ИИ-агента и автономии человека. На этой основе разработана матрица «автономия–автономность», включающая четыре типа человеко-агентного взаимодействия, для каждого из которых определены управленческие механизмы сохранения автономии человека. Разработаны методологические принципы ответственного взаимодействия и делегирования полномочий ИИ-агенту, закрепляющие приоритет профессионального суждения человека в процессе принятия решений. Определены состав и взаимосвязи элементов концептуальной модели взаимодействия человека и ИИ-агента. Модель предусматривает механизмы контроля соблюдения условий делегирования и обратной связи. Разработана шкала автономности ИИ-агента, отражающая степень его участия в принятии управленческих решений. Формализована процедура определения допустимого уровня автономности на основе агрегирования экспертных оценок параметров управленческой задачи и технологической зрелости ИИ-агента. Научная новизна заключается в теоретическом обосновании концепции динамического и контекстно обусловленного делегирования ИИ-агенту полномочий по принятию управленческих решений. Автономность ИИ-агента рассматривается как управляемый параметр, зависящий от характеристик задачи и организационно-технической среды. Автономия человека выступает гуманистической ценностью и основанием для разграничения функциональной самостоятельности ИИ-агента и моральной субъектности человека, за которым сохраняется приоритет в осуществлении контроля и в принятии окончательного решения. Результаты исследования формируют методическую основу для обоснования делегирования ИИ-агенту полномочий применительно к различным типам управленческих задач и могут использоваться при ответственном внедрении ИИ в управленческие процессы, при

© Лукашевич Н.С., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

разработке внутренних регламентов и этических кодексов. Перспективы дальнейших исследований связаны с эмпирической апробацией результатов в различных организационных контекстах и с методической детализацией механизмов контроля и сохранения автономии человека в гибридных системах поддержки принятия решений.

**Ключевые слова:** человеко-агентное взаимодействие, интеллектуальный агент, ИИ-агент, управленческие решения, автономность ИИ, автономия человека, гуманистическое управление, делегирование

**Для цитирования:** Лукашевич Н.С. (2026) Концептуальная модель взаимодействия человека и интеллектуального агента в системах поддержки принятия управленческих решений. π-Economy, 19 (5), 158–176. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19509

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19509

# A CONCEPTUAL MODEL OF HUMAN-INTELLIGENT AGENT INTERACTION IN MANAGERIAL DECISION SUPPORT SYSTEMS

**N.S. Lukashevich** ✉

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

✉ lukashevich@spbstu.ru

**Abstract.** The proliferation of generative models and AI agents is transforming the architecture of managerial processes by changing the distribution of functions, authority, and responsibility within management decision support systems. This transformation raises the research problem of ensuring well-founded delegation of authority to AI agents while preserving human agency and autonomy in decision-making. Despite extensive research on algorithmic management and AI ethics, management science still lacks a methodological framework for determining the permissible level of AI-agent autonomy with due regard to the characteristics of managerial tasks and the organizational and technological environment. The study aims to develop a conceptual model of human–agent interaction in decision support systems that provide a basis for delegating authority to an AI agent and determining its level of autonomy. The study employs a systems approach, comparative analysis of existing models of intelligent-system autonomy, content analysis of the academic literature, conceptual modelling, and logical and structural synthesis. Its methodological foundation is an interdisciplinary approach integrating decision theory, humanistic and algorithmic management, organizational theory, and applied AI ethics. Drawing on the humanistic theory of organization, the study substantiates the distinction between AI-agent autonomy and human autonomy. On this basis, a human autonomy – AI-agent autonomy matrix is developed. It identifies four types of human-agent interaction and specifies management mechanisms for preserving human autonomy within each type. The study formulates methodological principles of responsible interaction and delegation of authority to an AI agent, establishing the priority of human professional judgement in decision-making. It also defines the components of the conceptual model of human–agent interaction and the relationships among them. The model incorporates mechanisms for monitoring compliance with the conditions of delegation and providing feedback. An AI-agent autonomy scale is developed to reflect the extent of the agent's involvement in managerial decision-making. A procedure for determining the permissible level of autonomy is formalized by aggregating expert assessments of the parameters of the managerial task and the technological maturity of the AI agent. The scientific novelty of the study lies in the theoretical substantiation of dynamic and context-dependent delegation of managerial decision-making authority to an AI agent. AI-agent autonomy is treated as a manageable parameter determined by task characteristics and the organizational and technological environment. Human autonomy is regarded as a humanistic value and as the basis for distinguishing the functional autonomy of an AI agent from human moral agency. Humans retain priority in exercising control and making the final decision. The findings provide a methodological basis for substantiating the delegation of

© Lukashevich N.S., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

authority to AI agents across different types of managerial tasks. They may support the responsible integration of AI into managerial processes and the development of internal regulations and codes of ethics. Further research should empirically validate the findings in different organizational contexts and elaborate the mechanisms for human control and the preservation of human autonomy in hybrid decision support systems.

**Keywords:** human-agent interaction, intelligent agent, AI agent, managerial decisions, AI autonomy, human autonomy, humanistic management, delegation

**Citation:** Lukashevich N.S. (2026) A conceptual model of human-intelligent agent interaction in managerial decision support systems. π-Economy, 19 (5), 158–176. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19509

**Введение**

Искусственный интеллект (ИИ) становится фактором развития многих отраслей[1], а его внедрение в управленческие процессы порождает фундаментальное противоречие. ИИ расширяет возможности обработки данных, выявления закономерностей и повышения оперативности принятия решений. Вместе с тем делегирование алгоритмам аналитических и управленческих функций ведет к диффузии ответственности, утрате профессионального суждения и ослаблению автономии человека [1–3]. Это противоречие усиливается переходом к организационным системам, в которых интеллектуальные агенты (ИИ-агенты) самостоятельно декомпозируют цели, планируют действия и взаимодействуют с другими системами, тогда как за человеком остается роль носителя целей, смыслов и ответственности. ИИ перестает быть инструментом поддержки и становится активным участником управленческого процесса, трансформируя саму природу управленческого решения.

Согласно отчету[2], 60% руководителей регулярно применяют ИИ для поддержки принятия решений, а к 2027 г. половина решений может быть автоматизирована ИИ-агентами. Экономика вступает в фазу «агентного скачка»: генеративный ИИ выполняет функции, ранее считавшиеся прерогативой человека, – формирует гипотезы, обобщает знания и действует при ограниченном участии оператора. В технологическом прогнозе[3] подчеркивается ускоренный рост алгоритмизации и развитие ИИ-агентов. При этом среди ключевых условий масштабирования ИИ выделяются доверие пользователя и безопасное человеко-машинное (агентное) взаимодействие. Российский рынок ИИ-агентов пока не сформирован как самостоятельный сегмент, но его развитие остается стратегическим приоритетом при сокращении венчурного финансирования[4]. В условиях формирующегося технологического рынка и недостаточной организационно-управленческой проработки вопросов применения ИИ-агентов организациям нужны критерии допустимого делегирования полномочий.

Функциональные возможности ИИ-агентов развиваются быстрее, чем организационные практики, правовое регулирование и этические нормы адаптируются к их применению. Классическая модель «человек в контуре» (human-in-the-loop) перестает гарантировать его реальное участие в принятии решений и порождает «алгоритмическое алиби», при котором человек формально сохраняет право решения, но передает алгоритму содержательную оценку ситуации. Эти

[1] Технологии Доверия (2023) *Искусственный интеллект в HR: Кейсы российского рынка*. [online] Available at: https://data.tedo.ru/publications/ai-in-hr.pdf [Accessed 30.05.2026]. (in Russian); IEEE Computer Society (2026) *Technology Predictions 2026*. [online] Available at: https://ict.moscow/static/pdf/files/4533eaf6-be20-5126-bdc6-bb29950e666d.pdf [Accessed 30.05.2026]; World Economic Forum (2025) *Future of Jobs: AI and Talent 2030*. [online] Available at: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Four_Futures_for_Jobs_in_the_New_Economy_AI_and_Talent_in_2030_2025.pdf [Accessed 30.05.2026].

[2] Deloitte (2026) *Global Human Capital Trends 2026*. [online] Available at: https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/talent/human-capital-trends.html [Accessed 30.05.2026].

[3] World Economic Forum (2025) *Future of Jobs: AI and Talent 2030*. [online] Available at: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Four_Futures_for_Jobs_in_the_New_Economy_AI_and_Talent_in_2030_2025.pdf [Accessed 30.05.2026].

[4] МТС (2025) *ИИ-агенты: Обзор мирового и российского рынков*. [online] Available at: https://d-economy.ru/wp-content/uploads/2026/02/mts-research-insights-ai-agents-2025.pdf [Accessed 30.05.2026] (in Russian)

риски особенно значимы в контексте парадигмы «Индустрия 5.0» [4, 5], утверждающей человекоцентричную, устойчивую и резильентную модель развития, в которой технологии должны расширять возможности человека, а не замещать его суждение.

Существующая литература обосновывает необходимость человекоцентричного ИИ [6–12], а нормативно-правовое регулирование[5] устанавливает риск-ориентированную классификацию ИИ-систем, принцип обязательного контроля со стороны человека и процессные требования к управлению ИИ на всем жизненном цикле. Однако недостаточно концептуализирована проблема определения допустимого уровня автономности ИИ-агента и критериев делегирования ему полномочий в зависимости от параметров организационной среды.

Таким образом, исследование направлено на решение научной проблемы организации человеко-агентного взаимодействия в системах поддержки принятия управленческих решений, содержательную основу которого составляет обоснованное распределение полномочий между человеком и ИИ-агентом при сохранении автономии, субъектности и ответственности человека.

Объектом исследования выступают процессы взаимодействия человека и ИИ-агента в человекоцентричной гибридной системе поддержки принятия управленческих решений. Предмет исследования составляют принципы, механизмы и процедуры делегирования ИИ-агенту полномочий, определения уровня его автономности и контроля его участия в принятии управленческих решений.

В исследовании ИИ-агент определяется в нескольких аспектах:

1) как программная «сущность», предназначенная для достижения целей в определенной среде [13];

2) как агент, обладающий автономностью – способностью выполнять задачи без участия человека, обучаться, изменять поведение и взаимодействовать со средой;

3) как участник человеко-агентных систем [14].

Распространение ИИ-агентов рассматривается как следующий этап развития технологий генеративного ИИ[6]. Организационно-техническая среда – это совокупность технологических, процессных и нормативно-культурных условий организации, формирующих контекст человеко-агентного принятия управленческих решений. В настоящем исследовании человеко-агентное взаимодействие рассматривается как совместное участие человека и ИИ-агента в принятии управленческих решений. Делегирование – это передача ограниченных полномочий на выполнение определенных действий и принятие решений с учетом нормативных требований, функциональных ограничений и уровня риска.

Исследовательская позиция состоит в том, что человекоцентричное управление в условиях развития ИИ требует перехода от общей парадигмы «человек в контуре» к моделям содержательного контроля. Модель задает границы делегирования, формы контроля и способы защиты автономии, достоинства и субъектности человека при внедрении ИИ.

Исследования человеко-агентного взаимодействия являются предметом теории алгоритмического и гуманистического управления, техноэтики, психологии личности и проектирования алгоритмических систем. Вместе с тем эти направления не образуют целостной методологической основы для определения допустимой автономности ИИ и распределения полномочий по принятию решений.

---

[5] EUR-Lex (2024) *Regulation* (*EU*) *2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations* (*EC*) *No 300/2008*, (*EU*) *No 167/2013*, (*EU*) *No 168/2013*, (*EU*) *2018/858*, (*EU*) *2018/1139 and* (*EU*) *2019/2144 and Directives 2014/90/EU*, (*EU*) *2016/797 and* (*EU*) *2020/1828* (*Artificial Intelligence Act*) (*Text with EEA relevance*). [online] Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng [Accessed: 30.05.2026]; ISO/IEC (2023) ISO/IEC 42001: *Information technology – Artificial intelligence – Management system*. [online] Available at: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/81230/4c1911ebc9a641f-cb6ee21aa09c28ad3/ISO-IEC-42001-2023.pdf [Accessed 30.05.2026].

[6] МТС (2025) *ИИ-агенты: Обзор мирового и российского рынков*. [online] Available at: https://d-economy.ru/wp-content/uploads/2026/02/mts-research-insights-ai-agents-2025.pdf [Accessed 30.05.2026]. (in Russian)

Анализ концепции «Общество 5.0» [14] выявляет противоречие между декларируемым принципом человекоцентричности и применением ИИ-агентов в управленческих процессах. Противоречие отражено в тезисе М. Гладдена [14] о распределенной агентности, согласно которому, управленческий результат совместно формируют человек и ИИ-агенты в определенной цифровой организационной среде.

Исследования, основанные на теории самодетерминации и модели многоуровневого технологического опыта [15], отражают двойственное влияние ИИ-агентов на автономию человека. Технологии могут поддерживать самостоятельность выбора, однако манипулятивное воздействие и адаптация предпочтений ограничивают автономию человека. Поэтому формальное включение человека «в контур» принятия решений не гарантирует контроля, который предполагает понимание логики решения, право отклонить его, возможность оспаривания и полноценное участие в процедуре.

Литература по алгоритмическому управлению уточняет, как именно цифровые системы воздействуют на работника. Алгоритмы становятся «новым полем управленческого контроля» [16], формируя архитектуру выбора, фиксируя поведение и дисциплинируя через автоматические стимулы. Развивающая этот подход концепция дуальности алгоритмического управления [17] показывает, что алгоритмы способны ограничивать или поддерживать автономию работников в зависимости от способа их проектирования и применения, а сами работники своими действиями изменяют систему. Это положение легло в основу теории алгоактивизма [18], рассматривающей формы организованного коллективного сопротивления алгоритмическим практикам управления. Для настоящего исследования алгоактивизм значим как индикатор нарушения баланса между автономностью ИИ и автономией человека, что делает механизмы защиты последней необходимым элементом устойчивой человекоцентричной системы.

Результаты исследований по проблемам распределения ролей между человеком и ИИ представлены, в частности, шкалой агентности человека [13], разграничивающей задачи, полностью выполняемые ИИ, задачи равноправного партнерства и задачи с ведущей ролью человека в принятии решений. Эмпирически подтверждается неоднородность предпочтений работников. Например, согласие на автоматизацию рутинных операций обусловлено стремлением сохранить участие в значимых креативных задачах. Шкала агентности человека остается диагностическим инструментом и не определяет механизмы изменения уровня автономности и поведения ИИ-системы в ситуациях риска, ошибки или этического конфликта.

Исследования в области оценки экономического эффекта ИИ[7] [19] показывают, что влияние ИИ-инструментов на производительность зависит от типологии задач, готовности и компетенций работников, уровня доверия, нормативно-правового регулирования и способности организаций трансформировать процессы. Оценка эффекта алгоритмизации требует разграничения ее экономической целесообразности и соответствия гуманистическим принципам. В логике человекоцентричных организаций [20, 21] внедрение ИИ-агентов должно оцениваться по их эффективности, влиянию на развитие человекоцентричных практик и на трансформацию управленческой парадигмы в целом [9].

Социальное измерение проблемы отражают данные индекса цифрофобий[8], свидетельствующие о том, что тревоги граждан обусловлены угрозами утраты контроля, приватности, справедливого отношения и автономии мышления, возникающими при применении цифровых технологий. В этом контексте цифровые фобии можно рассматривать как социальный индикатор недостаточной управляемости и человекоцентричности ИИ-систем. Это согласуется с тезисом

[7] World Economic Forum (2025) *Future of Jobs: AI and Talent 2030*. [online] Available at: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Four_Futures_for_Jobs_in_the_New_Economy_AI_and_Talent_in_2030_2025.pdf [Accessed 30.05.2026]; МТС (2025) *ИИ-агенты: Обзор мирового и российского рынков*. [online] Available at: https://d-economy.ru/wp-content/uploads/2026/02/mts-research-insights-ai-agents-2025.pdf [Accessed 30.05.2026] (in Russian)

[8] ВЦИОМ (2025) *Индекс цифрофобии: Всероссийский репрезентативный опрос «ВЦИОМ-Спутник»*. [online] Available at: https://wciom.ru/fileadmin/user_upload/indeks_cifrofobii_061025.pdf [Accessed 30.05.2026]. (in Russian)

о социальном конструировании технологического будущего[9]. Задача гуманистического управления заключается в определении перспектив организационного развития, предусматривающих согласование экономической эффективности с развитием человека, демократизацией управления и сохранением его субъектности.

Внимания заслуживает положение о необходимости согласования автоматизации и аугментации в сфере управления человеческими ресурсами, имеющей высокую этическую значимость [22–24]. Кадровые решения влияют на достоинство, карьеру и профессиональное развитие человека, поэтому автономность ИИ-агента в этой сфере требует нормативных ограничений.

Отдельное направление исследований связано с научной дискуссией о возможности признания ИИ-агентов самостоятельными моральными субъектами. Исследования по ответственному ИИ[10] [11, 13, 15, 23] определяют несоответствие между декларируемыми этическими принципами и практикой их внедрения в управленческие процессы. Повышение автономности ИИ-агента способствует диффузии ответственности и формирует «алгоритмическое алиби», позволяющее обосновывать рекомендациями ИИ-агента ограниченное участие человека в этически значимых решениях. Одновременно возрастает риск дегуманизации управления, поскольку ориентация ИИ-агентов на экономическую эффективность может приводить к неполноценному анализу эмоционального, социального и неформального контекстов и не гарантировать соответствие эффективного решения гуманистическим ограничениям [10]. Систематическое делегирование ИИ-агенту анализа и проверки решений влияет на практику профессионального суждения и компетенции критической оценки, что приводит только к формальному экспертному участию, создающему видимость контроля при снижении качества профессионального суждения. Дополнительные риски обусловлены неопределенностью, связанной с качеством исходных данных и непрозрачностью процедур их отбора [22]. Ориентация ИИ-агента на экстраполяцию прошлых трендов и закономерностей может исключать новые сценарии развития, поэтому человекоцентричный подход к внедрению ИИ требует механизмов критического анализа и обоснованного отклонения алгоритмических рекомендаций.

Обзор ИИ-решений на основе больших языковых моделей [25] подтверждает, что внедрение полностью автономных ИИ-агентов ограничивается «галлюцинациями», недостаточной надежностью и неустойчивостью результатов, рисками безопасности и несанкционированными действиями, а также ограниченной прозрачностью решений и диффузией ответственности. Исследователи [25] предлагают снижать указанные риски посредством распределения функций между человеком и ИИ. Агентоцентричность такого подхода определяет человека как средство повышения надежности алгоритмической системы, недостаточно учитывая его роль как субъекта морального суждения. В работе [26] предлагается классификация, разделяющая автономность (способность ИИ самостоятельно выполнять задачи) и моральную компетентность (способность оценивать нравственные последствия и принимать этически обоснованные решения).

Теоретический обзор выявил два ограничения существующих подходов. Методическое ограничение заключается в недостаточной разработанности критериев и процедур обоснования допустимого уровня автономности ИИ-агента. Нормативно-этическое ограничение состоит в отсутствии критериев отнесения управленческих задач к неделегируемым.

Целью исследования являются разработка и теоретическое обоснование концептуальной модели взаимодействия человека и ИИ-агента, определяющей правила делегирования полномочий и выбора допустимого уровня автономности при принятии управленческих решений.

---

[9] Фёдоров В. (2025) *Моделирование будущего: зачем и каким образом?* [online] Available at: https://wciom.ru/fileadmin/user_upload/modelirovanie_budushchego_zachem_i_kakim_obrazom.pdf [Accessed 30.05.2026]. (in Russian)

[10] EUR-Lex (2024) *Regulation* (*EU*) *2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations* (*EC*) *No 300/2008*, (*EU*) *No 167/2013*, (*EU*) *No 168/2013*, (*EU*) *2018/858*, (*EU*) *2018/1139 and* (*EU*) *2019/2144 and Directives 2014/90/EU*, (*EU*) *2016/797 and* (*EU*) *2020/1828* (*Artificial Intelligence Act*) (*Text with EEA relevance*). [online] Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng [Accessed: 30.05.2026].

Проектирование гибридных систем поддержки управленческих решений целесообразно ориентировать не на достижение максимальной автономности ИИ-агента, а на обеспечение автономии человека и его профессиональной компетенции. Определение допустимого уровня автономности ИИ-агента должно осуществляться с учетом типа управленческого решения, степени его этической значимости, уровня рисков, организационно-технических возможностей реализации соответствующего уровня автономности.

**Методы и материалы**

Исследование основано на теоретическом анализе публикаций о человекоцентричности, алгоритмическом управлении и человеко-агентном взаимодействии в контексте распределения ответственности, объяснимости алгоритмов, доверия и автономии человека.

На первом этапе сформирована гуманистическая перспектива исследования и разработаны методологические принципы проектирования гибридных систем поддержки принятия управленческих решений. Гуманистическое управление рассматривает человека как субъекта, обладающего достоинством, автономией и способностью осмысленно участвовать в управлении. Далее проведен анализ понятий и категорий, включая теоретическое разграничение автономности ИИ-агента и автономии человека. На втором этапе проведен анализ моделей человеко-агентного взаимодействия и делегирования ИИ-агентам полномочий по принятию решений с точки зрения типа управленческой задачи, уровня риска, технологической зрелости ИИ-агента. На третьем этапе на основе системного подхода предложены элементы и организационно-управленческие механизмы концептуальной модели.

Методы и последовательность этапов позволяют перейти от теоретической предпосылки «человек в контуре» к процедуре, учитывающей параметры организационно-технической среды и характеристики управленческих задач, а также обеспечивающей распределение полномочий в системах поддержки принятия управленческих решений.

Для достижения поставленной цели в исследовании решались следующие задачи:

1) провести анализ теоретических подходов к пониманию автономности ИИ-агентов и автономии человека, раскрыв принципиальное различие между этими категориями, а также выявить ограничения существующих подходов к человеко-агентному взаимодействию при распределении полномочий и определении допустимого уровня автономности;

2) разработать методологические принципы проектирования гибридных систем поддержки принятия решений и обосновать необходимость ограничения автономности ИИ-агента с позиций теории гуманистического управления;

3) определить состав и взаимосвязи элементов концептуальной модели, включая механизмы контроля участия ИИ-агента в принятии решений;

4) разработать критерии и процедуру экспертного определения допустимого уровня автономности ИИ-агента.

**Результаты и обсуждение**

Обзор литературы, посвященной автономии человека в человеко-агентных системах [1–3, 15, 27–31], показывает, что этот феномен трактуется неоднозначно и объединяет несколько подходов:

1) автономия как защита от манипуляций [3, 28];

2) автономия как способность сохранять контроль над алгоритмической системой [29];

3) автономия как возможность оспаривать алгоритмическое решение;

4) автономия как антропологическая ценность, нередуцируемая к проблеме ценностного выравнивания [1];

5) автономия как организационное свойство, подлежащее диагностике [27].

| **Автономия человека** | **Автономность ИИ-агента** | |
|---|---|---|
| | **НИЗКАЯ** | **ВЫСОКАЯ** |
| **ПОДДЕРЖИВАЕТСЯ** | ИНСТРУМЕНТАЛИЗАЦИЯ<br>*Аугментация*<br>(human-in-the-loop) | ДЕЛЕГИРОВАНИЕ<br>*Управляемое делегирование*<br>(human-on-the-loop) |
| | Квадрант II | Квадрант III |
| **ПОДРЫВАЕТСЯ** | ПОДЧИНЕНИЕ<br>*Алгоритмическая медиация*<br>(human-shaped-by-the-loop) | ЗАМЕЩЕНИЕ<br>*Автоматизация*<br>*Диффузия ответственности*<br>(human-out-of-the-loop) |
| | Квадрант I | Квадрант IV |

Источник: составлено автором.

Рис. 1. Матрица «автономия–автономность»

Fig. 1. Normative autonomy – technical autonomy matrix

Автономия человека не ограничивается формальным наличием выбора и предполагает способность понимать условия организационной среды, формулировать цели, оценивать последствия и действовать согласно собственным ценностям и интересам.

Автономность ИИ-агента как техническая характеристика системы и автономия человека как антропологическая характеристика субъекта принятия решений относятся к теоретически различным категориям и требуют раздельного анализа. В матрице (рис. 1) показаны четыре типа человеко-агентного взаимодействия. Модель «человек в контуре» предполагает, что решение принимается только человеком. Модель «человек над контуром» (human-on-the-loop) ограничивает автономность ИИ-агента, предоставляя человеку полномочия по отмене и изменению решений. Модель «человек вне контура» (human-out-of-the-loop) соответствует полной автономности ИИ-агента в пределах заданных человеком ограничений. Модель «человек, формируемый контуром» (human-shaped-by-the-loop), предлагаемая в настоящем исследовании, сохраняет за человеком формальное право принятия решения, однако его восприятие, предпочтения и набор альтернатив формируются под влиянием алгоритмической системы.

В модели «человек, формируемый контуром» доминирует алгоритмическая медиация [3, 16, 28], при которой ИИ-агент влияет на внимание, предпочтения, интерпретацию ситуации и набор доступных альтернатив пользователя. В модели «человек вне контура» – механизм автоматизации, при котором ИИ-агент принимает решение самостоятельно, а человек исключается из процесса содержательного контроля.

Теоретическое обоснование этого различия опирается на положения многополярного управления [30] и гуманистической теории организации. В интерпретации Г.Б. Клейнера центральной категорией научного наследия академика Д.С. Львова [31] выступает развитие, понимаемое как движение от человека к человечеству и обратно. В этой логике ИИ-агенты могут усиливать аналитические, организационные и управленческие возможности предприятия, но не должны подменять человека как носителя целей и смыслов, субъекта развития и общественной ответственности. Идеи академика Д.С. Львова интерпретируют взаимодействие человека с ИИ-агентом не как распределение функций и ролей, а как нравственно-экономическую задачу подчинения экономики и цифровых технологий целям развития человека и человечества. Г.Б. Клейнер подчеркивает, что ИИ может оказывать поддержку разным типам лидеров, но не способен их заменить, поскольку именно духовный лидер определяет смысл деятельности коллектива [31].

Гуманистическая теория организации утверждает, что ответственность за смыслообразование и единство коллектива остается исключительной компетенцией человека, поскольку алгоритмическая оптимизация не заменяет ценностных механизмов интеграции [9]. Следовательно, системный менеджмент и гуманистическая теория организации теоретически обосновывают нормативно-этические ограничения автономности ИИ-агента и приоритет профессионального суждения человека. С этой позиции ограничение автономности ИИ-агента рассматривается как этически обоснованное требование, предотвращающее сведение человека к объекту алгоритмического управления.

Допустимый уровень автономности ИИ-агента должен определяться с учетом его влияния на автономию человека. В контексте технодетерминизма несостоятельным является предположение, что низкий уровень автономности ИИ-агента обеспечивает сохранение автономии человека в цифровой среде. Рекомендации ИИ-агента способны постепенно изменять стиль мышления и суждения лица, принимающего решение, усиливая его ориентацию на количественные показатели, снижая внимание к этическому контексту и сужая круг рассматриваемых альтернатив.

В отличие от существующих подходов, формулирующих только общие требования к ответственному ИИ, в исследовании разработаны методологические принципы ответственного делегирования полномочий ИИ-агенту в человекоцентричных гибридных системах поддержки принятия управленческих решений.

Теоретической предпосылкой *принципа синергии ИИ-агента и человека* выступает двойственная природа алгоритмизации [17]. Ценность ИИ определяется способностью усиливать профессиональное суждение человека и качеством совместного управленческого решения. Распространенная упрощенная логика связывает рост алгоритмизации с сокращением участия и контроля со стороны человека, сводя проектирование к выбору между человеком и ИИ-агентом. Повышение автономности ИИ-агента не может выступать самостоятельной целью проектирования гибридной системы. Принцип предполагает, что допустимый уровень автономности ИИ-агента определяется двумя условиями:

1) способностью создавать совместный эффект, при котором алгоритмы усиливают аналитические и когнитивные возможности человека, а человек обеспечивает ценностную интерпретацию;

2) распределением функций, при котором человек и ИИ-агент совместно принимают обоснованные, своевременные и этически приемлемые решения.

При этом человек должен понимать, на каких данных, критериях и логике основано решение ИИ, и иметь возможность изменить, отклонить или оспорить его[11]. В этом контексте ИИ-агент не может рассматриваться как самостоятельный моральный субъект [26].

Способность ИИ-агента самостоятельно анализировать данные и инициировать действия не означает наличия правовых и этических оснований такого делегирования. Риск-ориентированный подход[12] предполагает, что высокая технологическая готовность (зрелость) ИИ-агента сохраняет необходимость его ограничения и контроля. Положение о трансцендентности [32] в теории гуманистического управления, закрепляя за человеком способность определять смысл и общественную значимость деятельности, исключает безусловное делегирование ИИ полномочий, затрагивающих достоинство, права, возможности, цели и смысл деятельности. *Принцип ограниченной автономности* предусматривает этические, правовые, стратегические ограничения, нарушение которых служит основанием для обязательного участия человека в процессе принятия решения.

[11] EUR-Lex (2024) *Regulation* (*EU*) *2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations* (*EC*) *No 300/2008*, (*EU*) *No 167/2013*, (*EU*) *No 168/2013*, (*EU*) *2018/858*, (*EU*) *2018/1139 and* (*EU*) *2019/2144 and Directives 2014/90/EU*, (*EU*) *2016/797 and* (*EU*) *2020/1828* (*Artificial Intelligence Act*) (*Text with EEA relevance*). [online] Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng [Accessed: 30.05.2026].

[12] Там же.

Ответственный контроль требует компетенций и навыков, позволяющих распознавать этические аспекты решений и оценивать их последствия [33]. Нарушения этических требований при использовании ИИ должны рассматриваться как финансовые, правовые и репутационные риски организации. Если участие человека в процедуре принятия решения может основываться на формальном утверждении рекомендаций ИИ-агента, то система мотивации должна поощрять действия сотрудников, направленные на обнаружение ошибок и отказ от решений с недопустимым уровнем риска. *Принцип развития этической компетентности и ответственности* предполагает целенаправленное формирование и совершенствование у лиц, принимающих решение, компетенций, необходимых для взаимодействия с ИИ-агентами, выявления этических рисков, критического анализа результатов и оспаривания рекомендаций алгоритмических систем.

Теория алгоритмического управления свидетельствует о распределенном характере процедуры принятия решений, на которую влияют действия пользователя и разработчика человеко-агентных систем, архитектура алгоритма, качество данных, интерфейс, регламенты и цели внедрения [16, 22]. *Принцип распределенной ответственности* предполагает ее разграничение между участниками проектирования, внедрения и эксплуатации человеко-агентных систем в соответствии с их полномочиями и степенью влияния на управленческое решение.

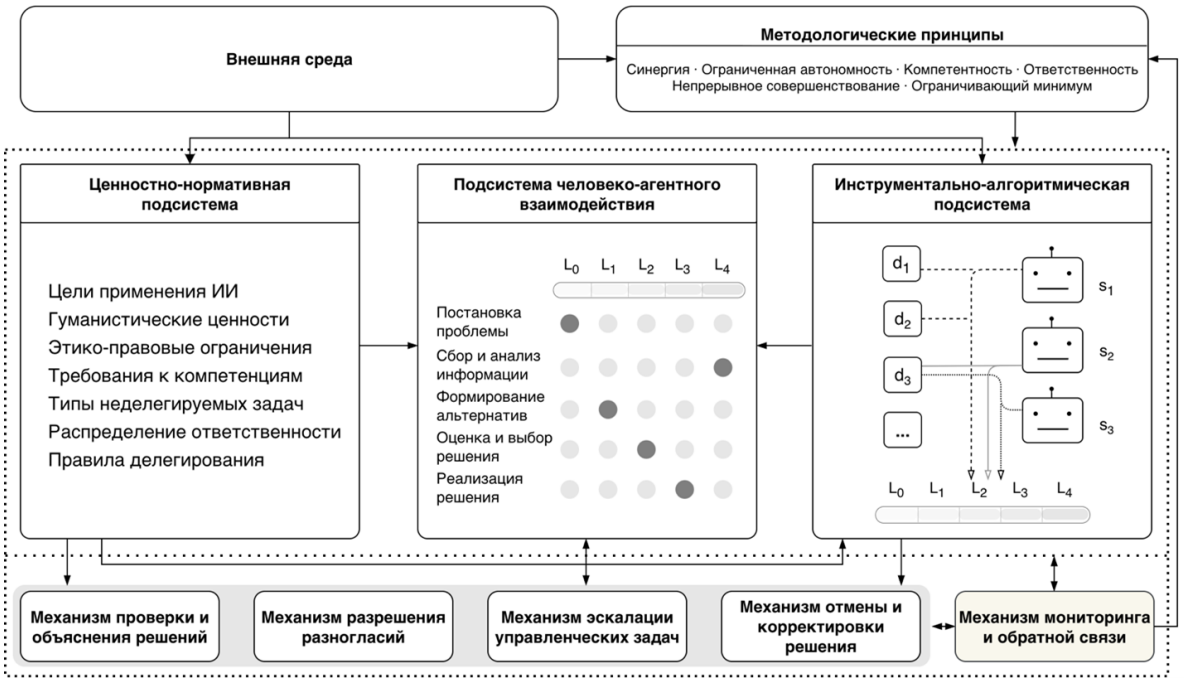
В авторской концепции автономность ИИ-агента рассматривается как организационно-управленческий параметр, определяющий допустимый уровень делегирования полномочий и подлежащий пересмотру при изменении условий организационно-технической среды и решаемых задач. *Принцип непрерывного совершенствования* предусматривает регулярный пересмотр уровня автономности с учетом результатов мониторинга, выявленных инцидентов и случаев оспаривания, а также изменений нормативных требований, характеристик ИИ-системы, компетенций пользователей, состава и параметров управленческих задач.

Высокий риск, необратимость последствий или высокая этическая значимость решения не могут компенсироваться точностью и производительностью ИИ-агента. Например, ИИ может обладать высокой точностью и устойчивостью, но применяться к необратимому или этически чувствительному решению. Использование средней интегральной оценки в таком случае допускает взаимную компенсацию критериев, при которой высокая технологическая зрелость скрывает критический уровень риска. *Принцип ограничивающего минимума* устанавливает, что уровень автономности ИИ-агента определяется по наиболее ограничивающему (минимальному) параметру организационно-технической среды. Подход согласуется с международной нормативно-правовой практикой[13], которая закрепляет риск-ориентированную градацию и обязательность надзора для систем высокого риска независимо от их технического качества. В основе практики лежит предположение о том, что допустимый уровень автономности ИИ-агента определяется приемлемым уровнем риска, а не имеющимися техническими возможностями.

В существующих подходах уровень автономности ИИ-агента определяется через двухвариантную логику, предусматривающую выполнение задачи либо человеком, либо алгоритмической системой. Традиционные модели распределения ролей, полномочий и ответственности, в частности модель RACI, также имеют статический характер и не учитывают участие ИИ-агентов в принятии решений, изменение объема делегированных полномочий и необходимость согласования рекомендаций человека и ИИ-агента.

В развитие исследований, посвященных проблеме диагностики автономии в социотехнических системах [27], рационализации человеко-машинного взаимодействия и анализа экзистенциальных рисков [1, 28], в настоящей работе автономия человека рассматривается в

[13] EUR-Lex (2024) *Regulation* (*EU*) *2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations* (*EC*) *No 300/2008*, (*EU*) *No 167/2013*, (*EU*) *No 168/2013*, (*EU*) *2018/858*, (*EU*) *2018/1139 and* (*EU*) *2019/2144 and Directives 2014/90/EU*, (*EU*) *2016/797 and* (*EU*) *2020/1828* (*Artificial Intelligence Act*) (*Text with EEA relevance*). [online] Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng [Accessed: 30.05.2026]; ISO/IEC (2023) ISO/IEC 42001: Information technology – Artificial intelligence – Management system. [online] Available at: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/81230/4c1911ebc9a641f-cb6ee21aa09c28ad3/ISO-IEC-42001-2023.pdf [Accessed 30.05.2026].




Источник: составлено автором.

Рис. 2. Ключевые элементы концептуальной модели взаимодействия человека и ИИ-агента

Fig. 2. Key elements of the conceptual model of human – AI agent interaction

организационно-управленческом контексте и предлагается модель, формализующая распределение полномочий между человеком и ИИ-агентом. Методологические принципы образуют ядро концептуальной модели, которая обеспечивает переход от парадигмы «человек в контуре» к концепции управляемой автономности ИИ-агента и реализуется в трех функционально взаимосвязанных подсистемах (рис. 2).

Ценностно-нормативная подсистема основана на принципах ограниченной автономности, развития этической компетентности и ответственности. Принимая во внимание положения гуманистического управления [32], подсистема задает этические, правовые, стратегические и количественные ограничения допустимых действий (решений) ИИ-агента. Инструментально-алгоритмическая подсистема реализует принципы синергии и ограничивающего минимума, а также определяет допустимый уровень автономности на основе многокритериальной оценки управленческих задач и технологической зрелости (готовности) ИИ-агента. Подсистема человеко-агентного взаимодействия реализует принципы распределенной ответственности и непрерывного совершенствования, устанавливая процедуру мониторинга результатов и пересмотра уровня автономности, объединяя механизмы обоснованного делегирования, возврата полномочий человеку, отмены и оспаривания решений в ситуациях высокой неопределенности, этической значимости или повышенного риска.

Технологическая зрелость (готовность) ИИ-системы может оцениваться по четырем ключевым критериям:

1) критерий точности характеризует долю корректных результатов, формируемых системой;

2) критерий объяснимости характеризует прозрачность логики принятия решений для пользователя;

3) критерий устойчивости определяет способность системы корректно функционировать при изменении качества и типа входных данных;

4) критерий охвата характеризует долю ситуаций определенного класса задач, которые система способна обрабатывать автономно.

Веса критериев не являются универсальными и определяются контекстом применения: для решений с высокими этическими требованиями приоритетным становится критерий объяснимости, для систем критической инфраструктуры – критерий устойчивости, для массовых операционных задач – критерий охвата.

В концептуальной модели автономность ИИ-агента предлагается оценивать с помощью пятиуровневой шкалы:

1) уровень $L_0$ (информирование) – ИИ-агент осуществляет сбор и анализ данных, решение полностью принимается человеком;

2) уровень $L_1$ (рекомендация) – ИИ-агент формирует варианты решения, выбор осуществляется человеком;

3) уровень $L_2$ (утверждение) – ИИ-агент предлагает решение, подлежащее обязательному подтверждению или отклонению со стороны человека;

4) уровень $L_3$ (условная автономность) – ИИ-агент принимает решения автономно, а полномочия передаются человеку при возникновении аномалий или снижении достоверности оценок системы;

5) уровень $L_4$ (полная автономность) – ИИ-агент действует автономно в пределах заданных человеком ограничений.

Разработана система критериев «7R» (табл. 1) управленческой задачи для определения уровня автономности ИИ-агента. Критерии объединены в три категории, отражающие условия делегирования. Допустимость, оцениваемая по риску, обратимости и этической значимости, устанавливает нормативные ограничения делегирования и определяет возможность передачи ИИ-агенту полномочий по решению задачи. Реализуемость (формализуемость, оперативность) характеризует когнитивно-технологические условия, при которых ИИ-агент способен своевременно выполнить задачу, если объем информации и требуемая скорость обработки превышают когнитивные возможности человека. Целесообразность (стабильность среды, повторяемость) отражает организационно-экономическую обоснованность делегирования. В соответствии с принципом ограничивающего минимума итоговый уровень автономности определяется наименьшей оценкой среди учитываемых параметров.

Рассматривается управленческая задача $d$, решаемая с использованием ИИ-агента $s$. Эксперты оценивают (выбирают) допустимый уровень автономности ИИ-агента по двум группам критериев:

$$l_{ie}^{R}(d) \in \mathcal{L},\ \ l_{je}^{M}(s,d) \in \mathcal{L},\ \ i = 1 \ldots I,\ \ \ j = 1 \ldots J,\ \ \ e = 1 \ldots E,$$

где $l_{je}^{M}(s,d)$ – допустимый уровень автономности ИИ-агента $s$ по критерию технологической зрелости $j$, определяемый экспертом $e$; $l_{ie}^{R}(d)$ – допустимый уровень автономности для управленческой задачи $d$ по критерию $i$, определяемый экспертом $e$; $J$ – количество критериев зрелости; $I$ – количество критериев управленческой задачи; $E$ – количество экспертов; $d$ – тип управленческой задачи; $L$ – множество уровней автономности $L_0$–$L_4$.

Агрегированная экспертная оценка по каждой группе критериев определяется медианой:

$$\tilde{L}_j^M(s,d) = Med_{e=1,\ldots,E}\left\{l_{je}^{M}(s,d)\right\},\ \ \tilde{L}_i^R(d) = Med_{e=1,\ldots,E}\left\{l_{ie}^{R}(d)\right\},$$
$$l_{i(1)}^{R} \le \cdots \le l_{i(E)}^{R},\ \ l_{j(1)}^{M} \le \cdots \le l_{j(E)}^{M},$$

где $\tilde{L}_j^M(s,d)$ – агрегированная оценка уровня автономности по критерию технологической зрелости $j$ ИИ-агента $s$ при решении управленческой задачи $d$; $\tilde{L}_i^R(d)$ – агрегированная оценка уровня автономности по критерию $i$ управленческой задачи $d$.

При нечетном количестве экспертов медианной категорией является центральная упорядоченная оценка. При четном количестве экспертов используется нижняя медиана, то есть меньшая из двух центральных оценок. Допустимый уровень автономности ИИ-агента определяется по принципу ограничивающего минимума:

$$L(s,d) = \min\left\{L_R(d), L_M(s,d)\right\}, \quad L_R(d) = \min_{i=1,\ldots,I} \tilde{L}_i^R(d),$$
$$L_M(s,d) = \min_{j=1,\ldots,J} \tilde{L}_j^M(s,d),$$

где $L(s, d)$ – итоговый допустимый уровень автономности ИИ-агента $s$ при решении управленческой задачи $d$; $L_R(d)$ – допустимый уровень автономности, определяемый критериями управленческой задачи $d$; $L_M(s, d)$ – допустимый уровень автономности для ИИ-агента $s$ при решении управленческой задачи $d$.

Согласованность экспертной процедуры может оцениваться отдельно для каждой группы критериев с использованием альфы Криппендорфа. Для каждого критерия рассчитываются доля экспертов, чьи оценки совпадают с медианой, и межквартильный размах.

Механизм отмены решения определяет порядок аннулирования принятого ИИ-агентом решения и предполагает решение следующих основных задач:

1) определение оснований для отмены (например, отклонение от установленных норм и правил, этические соображения, неполнота или недостоверность данных, изменение контекста, мотивированное несогласие ответственного лица с рекомендацией алгоритма);

2) обеспечение простого интерфейса инициирования отмены и обязательное документирование ее причин;

3) организация обратной связи для совершенствования ИИ-агента.

Механизм возврата полномочий человеку (эскалации) обеспечивает сохранение содержательного контроля человека в ситуациях, выходящих за пределы компетенции ИИ-агента, и предполагает решение следующих основных задач:

1) определение сигналов передачи решения человеку (например, снижение уверенности, обнаружение аномалий и этически значимых аспектов решения);

2) классификация уровня сложности решения;

3) определение адресата эскалации (профильный эксперт, руководитель, коллегиальный орган или высшее руководство).

Механизм разрешения разногласий определяет порядок выявления и урегулирования расхождений между оценками человека и ИИ-агента и предполагает решение следующих задач:

1) определение признаков конфликта, например расхождение между рекомендациями ИИ-агента и человека, несогласие с критериями, подозрение на ошибку;

2) установление порядка принятия окончательного решения: например, в рутинных задачах может учитываться алгоритмическая рекомендация, в высокорисковых и этически значимых задачах окончательное решение принимает человек либо коллегиальный орган.

**Заключение**

Развитие ИИ-агентов влияет на распределение функций, полномочий и ответственности в процессе принятия управленческих решений. Проведенное исследование позволило обосновать необходимость пересмотра традиционной управленческой парадигмы и сформировать концептуальную основу проектирования гибридных систем поддержки принятия решений, в которых за

**Таблица 1. Параметры управленческой задачи (система критериев «7R») и градация уровней автономности ИИ-агента**
**Table 1. Management task parameters (7R criteria system) and AI agent autonomy level gradation**

| Критерий | Характеристика | Автономное принятие решений ($L_4$) | Совместное принятие решений ($L_2$, $L_3$) | Инструментальная поддержка ($L_0$–$L_1$) |
|---|---|---|---|---|
| Риск (Risk) | Вероятность и масштаб негативных последствий | Низкий (минимальный ущерб, не влияющий на функционирование системы) | Умеренный (локальный ущерб, компенсируемый в рамках операционных ресурсов) | Критический (угроза жизни, значительный финансовый или репутационный ущерб) |
| Стабильность среды (Regularity) | Степень предсказуемости внешней среды | Стабильная (поведение системы предсказуемо) | Изменчивая (поведение системы частично прогнозируемо) | Хаотичная (поведение системы нельзя спрогнозировать) |
| Обратимость (Reversibility) | Время и ресурсы, необходимые для отмены ошибочного решения | Высокая (отмена без потери ресурсов) | Средняя (отмена возможна с умеренными затратами времени и ресурсов) | Низкая (решение невозможно отменить) |
| Формализуемость (Routinisation) | Возможность описания задачи в виде правил и алгоритмов | Формальная (жесткая логика алгоритма) | Гибридная (сочетание алгоритмических процедур и экспертной оценки) | Неформализуемая (требуются интуиция и экспертная оценка) |
| Оперативность (Responsiveness) | Ограничения по времени на принятие решения | Мгновенная (требуемая скорость превышает когнитивные возможности человека) | Оперативная (решение требуется в сжатые сроки, но допускает верификацию) | Отложенная (отсутствуют жесткие ограничения по времени) |
| Этичность (Rectitude) | Воздействие решения на этические ценности | Нейтральная (решение не затрагивает этические ценности) | Ограниченная (затрагивает нормативные и репутационные аспекты) | Критическая (решение затрагивает достоинство, права и свободы человека) |
| Повторяемость (Recurrence) | Частота возникновения задачи | Высокая (задача регулярная, повторяется постоянно) | Средняя (эпизодически повторяется с вариативным контекстом) | Низкая (возникает редко, в уникальных ситуациях) |

Источник: составлено автором.

человеком сохраняются ведущая роль в принятии решений и возможность содержательного контроля. Концептуальная модель определяет основания распределения полномочий и предлагает способ снижения рисков алгоритмического управления, описанных в работах [16, 18].

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии концептуальных и методологических основ проектирования гибридных систем поддержки принятия управленческих решений. Полученные результаты формируют основу для дальнейшего изучения человекоцентричного алгоритмического управления. Результаты исследования создают предпосылки для внедрения ответственного ИИ в систему управления и разработки регламентов, этических кодексов и политик применения ИИ. Возможность их практического применения требует экспериментальной апробации.

Получены следующие результаты исследования:

1. Обоснован теоретический подход, основанный на разграничении автономности ИИ-агента и автономии человека. Автономность ИИ-агента теоретически определяется как технико-организационное свойство, отражающее степень его самостоятельности в действиях. Автономия человека выступает гуманистической ценностью и основанием для разграничения функциональной самостоятельности ИИ-агента и моральной субъектности человека, за которым закрепляется приоритет в контроле и принятии окончательных решений. Разработана матрица «автономия–автономность», включающая четыре типа человеко-агентного взаимодействия, для которых определены управленческие механизмы сохранения автономии человека.

2. Разработанные методологические принципы конкретизируют модель «человека в контуре» и обеспечивают трансформацию общих установок ответственного ИИ в систему требований к делегированию, распределению ответственности и содержательному контролю. В системе принципов закрепляется концептуальное различие между самостоятельностью ИИ-агента и моральной субъектностью человека, при котором исключительные полномочия по контролю, отмене решений и разрешению разногласий сохраняются за человеком.

3. Разработана концептуальная модель взаимодействия человека и ИИ-агента, в которой делегирование полномочий рассматривается как динамический процесс, адаптируемый к изменениям решаемых задач и организационной среды с учетом установленных ограничений. Модель, в отличие от логики максимальной автономности, позволяет обосновывать состав и ограничения полномочий ИИ-агента, определять степень участия человека в процессе принятия решения, выбирать механизмы контроля и унифицировать правила делегирования для однотипных управленческих задач.

4. Разработаны критерии и процедура экспертного определения допустимого уровня автономности ИИ-агента на основе оценки параметров управленческой задачи и технологической зрелости ИИ-агента. Авторский вклад состоит в формализации экспертной процедуры, основанной на агрегировании оценок и принципе ограничивающего минимума, который исключает компенсацию ограничений высокими значениями других параметров. Разработана шкала автономности ИИ-агента, определяющая степень (уровень) его участия в принятии управленческих решений. Автономность при этом рассматривается как динамический организационно-управленческий параметр, подлежащий корректировке при изменении управленческих задач, рисков, условий организационной среды и технических возможностей ИИ-агента.

***Направления дальнейших исследований***

Перспективным направлением дальнейших исследований является эмпирическая апробация результатов в различных организационных контекстах, различающихся по типам принимаемых решений и допустимому уровню автономности ИИ-агента. К таким контекстам относятся управление человеческими ресурсами (подбор, оценка и развитие персонала), управление производственными процессами, стратегическое планирование (постановка целей и распределение ресурсов). Сравнительный анализ результатов апробации позволит уточнить ограничения

применимости разработок, оценить практическую ценность и дифференцировать механизмы обеспечения автономии человека применительно к различным типам управленческих решений и условиям организационной среды. Дальнейшего исследования и конкретизации также требуют механизмы, обеспечивающие автономию человека в гибридных системах поддержки принятия решений.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Krook J. (2025) When autonomy breaks: the hidden existential risk of AI. *AI & Society*, 40, 6011–6024. DOI: 10.1007/s00146-025-02397-5

2. Kaber D. (2026) From Automation to Autonomy Through AI: Enabling and Retaining Human Controllability. In: *Handbook of Human-Centered Artificial Intelligence* (ed. W. Xu), Singapore: Springer, 1173–1216. DOI: 10.1007/978-981-95-3658-0_5

3. Prunkl C. (2024) Human Autonomy at Risk? An Analysis of the Challenges from AI. *Minds and Machines*, 34 (3), art. no. 26. DOI: 10.1007/s11023-024-09665-1

4. Бабкин А.В., Федоров А.А., Либерман И.В., Клачек П.М. (2021) Индустрия 5.0: понятие, формирование и развитие. *Экономика промышленности*, 14 (4), 375–395. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395

5. Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Плотников В.А. (2021) Интеллектуальная киберсоциальная экосистема Индустрии 5.0: понятие, сущность, модель. *Экономическое возрождение России*, 4 (70), 39–62. DOI: 10.37930/1990-9780-2021-4-70-39-62

6. Bujold A., Roberge-Maltais I., Parent-Rocheleau X., Boasen J., Sénécal S., Léger P.-M. (2024) Responsible artificial intelligence in human resources management: a review of the empirical literature. *AI and Ethics*, 4, 1185–1200. DOI: 10.1007/s43681-023-00325-1

7. Cui T., Tan B., Shi Y. (2024) Fostering humanistic algorithmic management: A process of enacting human-algorithm complementarity. *The Journal of Strategic Information Systems*, 33 (2), art. no. 101838. DOI: 10.1016/j.jsis.2024.101838

8. Rodgers W., Murray J.M., Stefanidis A., Degbey W.Y., Tarba S.Y. (2023) An artificial intelligence algorithmic approach to ethical decision-making in human resource management processes. *Human Resource Management Review*, 33 (1), art. no. 100925. DOI: 10.1016/j.hrmr.2022.100925

9. Rosanas J.M. (2011) A humanistic approach to organizations and organizational decision-making. In: *The Future of Leadership Development* (ed. J. Canals), London: Palgrave Macmillan, 143–176. DOI: 10.1057/9780230295087_8

10. Lee M.K., Nigam I., Zhang A., Afriyie J., Qin Z., Gao S. (2021) Participatory algorithmic management: Elicitation methods for worker well-being models. In: *Proceedings of the 2021 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* (*AIES'21*), 715–726. DOI: 10.1145/3461702.3462628

11. Shneiderman B. (2020) Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy. *arXiv:2002.04087*. DOI: 10.48550/arXiv.2002.04087

12. Facchini A., Mangili F. (2024) Human-Centered AI (Also) for Humanistic Management. In: *Humanism in Marketing: Responsible Leadership and the Human-to-Human Approach* (eds. P. Kotler, W. Pfoertsch, F. Ancarani, I. Ureta), Cham: Palgrave Macmillan, 225–255. DOI: 10.1007/978-3-031-67155-5_11

13. Shao Y., Zope H., Jiang Y., Pei J., Nguyen D., Brynjolfsson E., Yang D. (2025) Future of Work with AI Agents: Auditing Automation and Augmentation Potential across the U.S. Workforce. *arXiv:2506.06576*. DOI: 10.48550/arXiv.2506.06576

14. Gladden M.E. (2019) Who Will Be the Members of Society 5.0? Towards an Anthropology of Technologically Posthumanized Future Societies. *Social Sciences*, 8 (5), art. no. 148. DOI: 10.3390/socsci8050148

15. Calvo R.A., Peters D., Vold K., Ryan R.M. (2020) Supporting human autonomy in AI systems: A framework for ethical enquiry. In: *Ethics of Digital Well-Being: A Multidisciplinary Approach* (eds. C. Burr, L. Floridi), Cham: Springer, 31–54. DOI: 10.1007/978-3-030-50585-1_2

16. Kellogg K.C., Valentine M.A., Christin A. (2020) Algorithms at work: The new contested terrain of control. *Academy of Management Annals*, 14 (1), 366–410. DOI: 10.5465/annals.2018.0174

17. Meijerink J., Bondarouk T. (2023) The Duality of Algorithmic Management: Toward a Research Agenda on HRM Algorithms, Autonomy and Value Creation. *Human Resource Management Review*, 33 (1), art. no. 100876. DOI: 10.1016/j.hrmr.2021.100876

18. Cobonpue J.S., Wurm B., Hess T. (2024) Fighting back the algorithm: A systematic literature review on algoactivism. *ICIS 2024 Proceedings*, art. no. 16. [online] Available at: https://aisel.aisnet.org/icis2024/lit_review/lit_review/16 [Accessed: 30.05.2026].

19. Aghion P., Bunel S. (2024) *AI and Growth: Where Do We Stand?* [online] Available at: https://www.frbsf.org/wp-content/uploads/AI-and-Growth-Aghion-Bunel.pdf [Accessed 30.05.2026].

20. Лукашевич Н.С. (2025) Человекоцентричная организация: от теоретических моделей к категориально-системной методологии. *Лидерство и менеджмент*, 12 (8), 1699–1714. DOI: 10.18334/lim.12.8.123655

21. Townsend M., Romme A.G.L. (2024) The Emerging Concept of the Human-Centered Organization: A Review and Synthesis of the Literature. *Humanistic Management Journal*, 9 (1), 53–74. DOI: 10.1007/s41463-024-00168-w

22. Köchling A., Wehner M.C. (2020) Discriminated by an algorithm: A systematic review of discrimination and fairness by algorithmic decision-making in the context of HR recruitment and HR development. *Business Research*, 13, 795–848. DOI: 10.1007/s40685-020-00134-w

23. Fenwick A., Molnar G., Frangos P. (2024) Revisiting the role of HR in the age of AI: Bringing humans and machines closer together in the workplace. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6, art. no. 1272823. DOI: 10.3389/frai.2023.1272823

24. Minbaeva D. (2021) Disrupted HR? *Human Resource Management Review*, 31 (4), art. no. 100820. DOI: 10.1016/j.hrmr.2020.100820

25. Zou H.P., Huang W.-C., Wu Y., Chen Y., Miao C., Nguyen H., Zhou Y., Zhang W., Fang L., He L., Li Y., Cao Y., Li D., Jiang R., Yu P.S. (2025) A Survey on Large Language Model Based Human-Agent Systems. *arXiv preprint*. [online] Available at: https://arxiv.org/html/2505.00753v3 [Accessed 30.05.2026].

26. Dyrkolbotn S.K., Pedersen T., Slavkovik M. (2017) Classifying the Autonomy and Morality of Artificial Agents. *CARe-MAS@ PRIMA*, 2017, 67–83.

27. Subías-Beltrán P., Unceta I., de Lecuona I. et al. (2026) Asking the right questions: a governance approach to uphold human autonomy in artificial intelligence. *AI & Society*, 41, 1149–1173. DOI: 10.1007/s00146-025-02611-4

28. Catena E. (2025) AI and human autonomy: A literature review. *AI and Ethics*, 6, art. no. 126. DOI: 10.1007/s43681-025-00958-4

29. Mitchell M., Ghosh A., Luccioni A.S., Pistilli G. (2025) Fully Autonomous AI Agents Should Not Be Developed. *arXiv:2502.02649*. DOI: 10.48550/arXiv.2502.02649

30. Клейнер Г.Б. (2024) Многополярное управление организацией. *Российский журнал менеджмента*, 22 (2), 163–178. DOI: 10.21638/spbu18.2024.201

31. Клейнер Г.Б. (2024) Системный менеджмент: информационная реконструкция для новой экономики. *Стратегическое планирование и развитие предприятий*, 8–18. DOI: 10.34706/978-5-8211-0821-0-8-18

32. Melé D. (2016) Understanding Humanistic Management. *Humanistic Management Journal*, 1 (1), 33–55. DOI: 10.1007/s41463-016-0011-5

33. Işık Ö., Goswami A. (2026) The Three Obstacles Slowing Responsible AI. *MIT Sloan Management Review*, 67 (2), 70–74. DOI: 10.63383/FBhK7635

## REFERENCES

1. Krook J. (2025) When autonomy breaks: the hidden existential risk of AI. *AI & Society*, 40, 6011–6024. DOI: 10.1007/s00146-025-02397-5

2. Kaber D. (2026) From Automation to Autonomy Through AI: Enabling and Retaining Human Controllability. In: *Handbook of Human-Centered Artificial Intelligence* (ed. W. Xu), Singapore: Springer, 1173–1216. DOI: 10.1007/978-981-95-3658-0_5

3. Prunkl C. (2024) Human Autonomy at Risk? An Analysis of the Challenges from AI. *Minds and Machines*, 34 (3), art. no. 26. DOI: 10.1007/s11023-024-09665-1

4. Babkin A.V., Fedorov A.A., Liberman I.V., Klachek P.M. (2021) Industry 5.0: concept, formation and development. *Russian Journal of Industrial Economics*, 14 (4), 375–395. DOI: 10.17073/2072-1633-2021-4-375-395

5. Babkin A.V., Shkarupeta E.V., Plotnikov V.A. (2021) Intelligent cyber-social ecosystem of Industry 5.0: definition, essence, model. *Economic Revival of Russia*, 4 (70), 39–62. DOI: 10.37930/1990-9780-2021-4-70-39-62

6. Bujold A., Roberge-Maltais I., Parent-Rocheleau X., Boasen J., Sénécal S., Léger P.-M. (2024) Responsible artificial intelligence in human resources management: a review of the empirical literature. *AI and Ethics*, 4, 1185–1200. DOI: 10.1007/s43681-023-00325-1

7. Cui T., Tan B., Shi Y. (2024) Fostering humanistic algorithmic management: A process of enacting human-algorithm complementarity. *The Journal of Strategic Information Systems*, 33 (2), art. no. 101838. DOI: 10.1016/j.jsis.2024.101838

8. Rodgers W., Murray J.M., Stefanidis A., Degbey W.Y., Tarba S.Y. (2023) An artificial intelligence algorithmic approach to ethical decision-making in human resource management processes. *Human Resource Management Review*, 33 (1), art. no. 100925. DOI: 10.1016/j.hrmr.2022.100925

9. Rosanas J.M. (2011) A humanistic approach to organizations and organizational decision-making. In: *The Future of Leadership Development* (ed. J. Canals), London: Palgrave Macmillan, 143–176. DOI: 10.1057/9780230295087_8

10. Lee M.K., Nigam I., Zhang A., Afriyie J., Qin Z., Gao S. (2021) Participatory algorithmic management: Elicitation methods for worker well-being models. In: *Proceedings of the 2021 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* (*AIES'21*), 715–726. DOI: 10.1145/3461702.3462628

11. Shneiderman B. (2020) Human-Centered Artificial Intelligence: Reliable, Safe & Trustworthy. *arXiv:2002.04087*. DOI: 10.48550/arXiv.2002.04087

12. Facchini A., Mangili F. (2024) Human-Centered AI (Also) for Humanistic Management. In: *Humanism in Marketing: Responsible Leadership and the Human-to-Human Approach* (eds. P. Kotler, W. Pfoertsch, F. Ancarani, I. Ureta), Cham: Palgrave Macmillan, 225–255. DOI: 10.1007/978-3-031-67155-5_11

13. Shao Y., Zope H., Jiang Y., Pei J., Nguyen D., Brynjolfsson E., Yang D. (2025) Future of Work with AI Agents: Auditing Automation and Augmentation Potential across the U.S. Workforce. *arXiv:2506.06576*. DOI: 10.48550/arXiv.2506.06576

14. Gladden M.E. (2019) Who Will Be the Members of Society 5.0? Towards an Anthropology of Technologically Posthumanized Future Societies. *Social Sciences*, 8 (5), art. no. 148. DOI: 10.3390/socsci8050148

15. Calvo R.A., Peters D., Vold K., Ryan R.M. (2020) Supporting human autonomy in AI systems: A framework for ethical enquiry. In: *Ethics of Digital Well-Being: A Multidisciplinary Approach* (eds. C. Burr, L. Floridi), Cham: Springer, 31–54. DOI: 10.1007/978-3-030-50585-1_2

16. Kellogg K.C., Valentine M.A., Christin A. (2020) Algorithms at work: The new contested terrain of control. *Academy of Management Annals*, 14 (1), 366–410. DOI: 10.5465/annals.2018.0174

17. Meijerink J., Bondarouk T. (2023) The Duality of Algorithmic Management: Toward a Research Agenda on HRM Algorithms, Autonomy and Value Creation. *Human Resource Management Review*, 33 (1), art. no. 100876. DOI: 10.1016/j.hrmr.2021.100876

18. Cobonpue J.S., Wurm B., Hess T. (2024) Fighting back the algorithm: A systematic literature review on algoactivism. *ICIS 2024 Proceedings*, art. no. 16. [online] Available at: https://aisel.aisnet.org/icis2024/lit_review/lit_review/16 [Accessed: 30.05.2026].

19. Aghion P., Bunel S. (2024) *AI and Growth: Where Do We Stand?* [online] Available at: https://www.frbsf.org/wp-content/uploads/AI-and-Growth-Aghion-Bunel.pdf [Accessed 30.05.2026].

20. Lukashevich N.S. (2025) Human-centered organization: from theoretical models to categorical-system methodology. *Leadership and Management*, 12 (8), 1699–1714. DOI: 10.18334/lim.12.8.123655

21. Townsend M., Romme A.G.L. (2024) The Emerging Concept of the Human-Centered Organization: A Review and Synthesis of the Literature. *Humanistic Management Journal*, 9 (1), 53–74. DOI: 10.1007/s41463-024-00168-w

22. Köchling A., Wehner M.C. (2020) Discriminated by an algorithm: A systematic review of discrimination and fairness by algorithmic decision-making in the context of HR recruitment and HR development. *Business Research*, 13, 795–848. DOI: 10.1007/s40685-020-00134-w

23. Fenwick A., Molnar G., Frangos P. (2024) Revisiting the role of HR in the age of AI: Bringing humans and machines closer together in the workplace. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6, art. no. 1272823. DOI: 10.3389/frai.2023.1272823

24. Minbaeva D. (2021) Disrupted HR? *Human Resource Management Review*, 31 (4), art. no. 100820. DOI: 10.1016/j.hrmr.2020.100820

25. Zou H.P., Huang W.-C., Wu Y., Chen Y., Miao C., Nguyen H., Zhou Y., Zhang W., Fang L., He L., Li Y., Cao Y., Li D., Jiang R., Yu P.S. (2025) A Survey on Large Language Model Based Human-Agent Systems. *arXiv:2505.00753v3*. [online] Available at: https://arxiv.org/html/2505.00753v3 [Accessed 30.05.2026].

26. Dyrkolbotn S.K., Pedersen T., Slavkovik M. (2017) Classifying the Autonomy and Morality of Artificial Agents. *CARe-MAS@ PRIMA*, 2017, 67–83.

27. Subías-Beltrán P., Unceta I., de Lecuona I., Pujol O. (2026) Asking the right questions: a governance approach to uphold human autonomy in artificial intelligence. *AI & Society*, 41, 1149–1173. DOI: 10.1007/s00146-025-02611-4

28. Catena E. (2025) AI and human autonomy: A literature review. *AI and Ethics*, 6, art. no. 126. DOI: 10.1007/s43681-025-00958-4

29. Mitchell M., Ghosh A., Luccioni A.S., Pistilli G. (2025) Fully Autonomous AI Agents Should Not Be Developed. *arXiv:2502.02649*. DOI: 10.48550/arXiv.2502.02649

30. Kleiner G.B. (2024) Multipolar management of organization. *Russian Management Journal*, 22 (2), 163–178. DOI: 10.21638/spbu18.2024.201

31. Kleiner G.B. (2024) Sistemnyi menedzhment: informacionnaia rekonstrukciia dlia novoi ekonomiki [Systems Management: Information Reconstruction for the New Economy]. *Strategicheskoe planirovanie i razvitie predpriiatii* [*Strategic Planning and Enterprise Development*], 8–18. DOI: 10.34706/978-5-8211-0821-0-8-18

32. Melé D. (2016) Understanding Humanistic Management. *Humanistic Management Journal*, 1 (1), 33–55. DOI: 10.1007/s41463-016-0011-5

33. Işık Ö., Goswami A. (2026) The Three Obstacles Slowing Responsible AI. *MIT Sloan Management Review*, 67 (2), 70–74. DOI: 10.63383/FBhK7635

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHOR

**ЛУКАШЕВИЧ Никита Сергеевич**
E-mail: lukashevich@spbstu.ru
**Nikita S. LUKASHEVICH**
E-mail: lukashevich@spbstu.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5719-4844

*Поступила: 04.06.2026; Одобрена: 12.10.2026; Принята: 12.10.2026.*
*Submitted: 04.06.2026; Approved: 12.10.2026; Accepted: 12.10.2026.*

π-Economy. 2026, Том 19, № 5. С. 177–191.
π-Economy. 2026, Vol. 19, No. 5. Pp. 177–191.

Научная статья
УДК 656.7
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19510
EDN: https://elibrary/LHRSAI

# СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССНЫХ ИННОВАЦИЙ ПРИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ РЕЗИЛЬЕНТНОСТИ ЭКОНОМИКИ

**А.Б. Иванов[1] ✉ , С.Н. Яшин[2]**

[1] Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Российская Федерация;

[2] Нижегородский институт управления – филиал РАНХиГС, Нижний Новгород, Российская Федерация

✉ aleksey.b.ivanov@gmail.com

**Аннотация.** Последнее десятилетие можно смело охарактеризовать как турбулентное в экономике Российской Федерации. Пандемия COVID-19, а затем увеличение расходной части бюджета и его структурная трансформация в связи с внешнеполитическими событиями стали бы шоковыми для любой экономики мира. Однако произошедшее привело к тому, что, интерпретируя резильентность близко по смыслу к эластичности, можно смело утверждать: экономика Российской Федерации – одна из наиболее резильентных в мире. В этих условиях особую ценность приобретает возможность организаций и предприятий пользоваться точками локальных кризисов для наращивания своих возможностей. Одна из наиболее пострадавших отраслей, нуждающихся в нестандартных и оперативных решениях, – гражданские авиаперевозки, имеющие особое значение для нашей страны. При этом одними из ключевых инструментов для инновационного развития любых компаний в современном мире являются цифровая трансформация и повсеместное внедрение цифровых решений. Целью исследования были обобщение информации в области процессных инноваций, рассмотрение их особенностей применительно к цифровой трансформации отдельного предприятия на примере отрасли гражданских авиаперевозок и предложение новых эффективных инструментов оценки процессных инноваций с учетом их специфики. Исследование выполнялось с помощью комплексного подхода, основанного на методах сбора, анализа и визуализации данных в рамках научного подхода в несколько этапов. В результате на первом этапе на основании изучения трудов отечественных и зарубежных ученых были сформулированы специфические особенности процессных инноваций, характерные для гражданских авиакомпаний, а также основные направления их внедрения. На втором этапе были предложены механизм реализации программы развития на основе процессных инноваций в гражданских авиакомпаниях, а также алгоритмы оценки их перспективности и реализуемости. На третьем этапе на основании проведенного исследования была проведена апробация данных алгоритмов на примере программы цифровой трансформации авиакомпании S7 Airlines.

**Ключевые слова:** инновации, процессные инновации, цифровая трансформация, инновационное развитие

**Для цитирования:** Иванов А.Б., Яшин С.Н. (2026) Специфические особенности процессных инноваций при цифровой трансформации организаций в условиях резильентности экономики. π-Economy, 19 (5), 177–191. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19510

© Иванов А.Б., Яшин С.Н., 2026. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research article
DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19510

# SPECIFIC FEATURES OF PROCESS INNOVATIONS IN THE DIGITAL TRANSFORMATION OF ORGANIZATIONS UNDER CONDITIONS OF ECONOMIC RESILIENCE

**A.B. Ivanov[1] ✉ , S.N. Yashin[2]**

[1] N.I. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation;

[2] Nizhny Novgorod Institute of Management – Branch of RANEPA, Nizhny Novgorod, Russian Federation

✉ aleksey.b.ivanov@gmail.com

**Abstract.** The last decade can be confidently described as turbulent for the economy of the Russian Federation. The global COVID-19 pandemic, followed by an increase in the budget's expenditure side and its structural transformation due to foreign policy events, would have been a shock for any economy in the world. However, the events that unfolded have led to the situation where, interpreting resilience as being close in meaning to elasticity, we can confidently assert that the economy of the Russian Federation is one of the most resilient in the world. Under these conditions, the ability of organizations and enterprises to take advantage of local crisis points to enhance their capabilities becomes especially valuable. One of the most affected sectors, which required unconventional and prompt solutions, was the civil aviation industry, which is of particular importance to our country. At the same time, one of the key tools for the innovative development of any companies in the modern world is digital transformation and the widespread implementation of digital solutions. The aim of the study was to summarize information in the field of process innovations and examine their features in relation to the digital transformation of an individual enterprise, using the example of the civil air transportation industry, and to propose new effective tools for assessing process innovations, taking into account their specific characteristics. The study was carried out using a comprehensive approach based on methods for collecting, analyzing, and visualizing data within the framework of a scientific approach in several stages. As a result, at the first stage of the study, based on an analysis of the works of domestic and foreign scholars, the specific features of process innovations characteristic of civilian airlines were formulated, and the main directions for their implementation were also identified. At the second stage, a mechanism for implementing a development program based on process innovations in civil airlines was proposed, along with algorithms for assessing their potential and feasibility. At the third stage, based on the research conducted, these algorithms were tested using the example of S7 Airlines' digital transformation program.

**Keywords:** innovations, process innovations, digital transformation, innovative development

**Citation:** Ivanov A.B., Yashin S.N. (2026) Specific features of process innovations in the digital transformation of organizations under conditions of economic resilience. π-Economy, 19 (5), 177–191. DOI: https://doi.org/10.18721/JE.19510

## Введение

Последние годы экономика Российской Федерации существует в непростых условиях. Наиболее шоковыми для нее событиями стали пандемия COVID-19 2020–2021 гг., начало специальной военной операции и последовавшие за ней санкции в отношении нашей страны со стороны мирового сообщества. В частности, по разным оценкам, падение мирового ВВП по причине экономического кризиса из-за пандемии составило 2,7–2,9%. Для сравнения, мировой кризис 2008 г., по оценкам Всемирного банка, привел к падению порядка 1,3%. Реакцией Западного мира на принятие решения о проведении специальной военной операции на Украине стало введение беспрецедентного количества санкций в отношении России в самых разных областях промышленности, в частности в финансовом секторе, в авиационной отрасли и пр.

© Ivanov A.B., Yashin S.N., 2026. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Данные факты усугубились растущими оборонными расходами и, как следствие, серьезным дисбалансом бюджета, вызванным затяжным характером операции. Перечисленные факторы и необходимость оперативно решать проблемы привели к существенному повышению уровня резильентности российской экономики, т.е. способности быстро восстанавливаться от внешних и внутренних шоков. Сегодня не только российские, но и ведущие мировые эксперты сходятся во мнении, что вопреки самым мрачным прогнозам, возросшему бюджетному дефициту (по причине увеличившегося гособоронзаказа и социальных выплат), падению роста ВВП и беспрецедентному санкционному давлению экономика России выстояла.

Еще одним вызовом, с которым столкнулись Россия и весь мир, стала новая технологическая революция, связанная с экспоненциальным ростом цифровых решений, внедряемых в самых разных отраслях. Фактически нет такой области промышленности, науки и техники, где не стояла бы остро задача максимальной цифровизации в условиях предельно сжатых сроков. Данный мировой тренд вкупе с внешними шоками, описанными выше, явился причиной перехода экономки страны в ряде отраслей на новую инновационную модель развития. У менеджмента просто не осталось выбора: в условиях отключений от мировых систем, ограничений в поставках пришлось судорожно искать выход. Под воздействием внешних обстоятельств появилось окончательное понимание, что в современном мире вопрос внедрения инноваций – это необходимое условие для выживания и стабильного развития любой организации. Процессные инновации в широком смысле – это преобразования, приводящие не к созданию нового продукта, а к введению новых подходов, технологий в существующие процессы создания продукта или услуги. Можно выделить два основных направления внедрения процессных инноваций: совершенствование бизнес-процессов организации и внедрение цифровых решений и систем. Первое направление приводит к росту операционной эффективности, а значит, к сокращению издержек, второе же – к расширению клиентской базы и росту общей лояльности компании.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью комплексной цифровой трансформации компаний самых разных отраслей и внедрения с этой целью в их операционную деятельность процессных инноваций, обладающих специфическими особенностями и механизмами их введения.

**Литературный обзор**

Вопросам рассмотрения процессных инноваций и их специфических особенностей в различных областях посвящено достаточно большое количество исследований. В работе [1] были выдвинуты несколько гипотез, касающихся взаимосвязи продуктовых и процессных инноваций, а также их влияния на производительность в различных отраслях экономики. В результате проведенного исследования и анализа научных публикаций 2000–2022 гг. были сделаны выводы об ощутимом вкладе, вносимом технологическими инновациями в увеличение производительности предприятий. Современные методы позволяют оценить степень данного влияния, но с некоторыми ограничениями. В частности, если внедрение продуктовой инновации является измеримым в стоимостном выражении, то внедрение процессных инноваций может быть охарактеризовано фактически бинарной переменной. То есть организация может считать себя инновационной, если она в течение последних лет внедряла нововведения. Изучение массива данных позволило сделать вывод о том, что влияние того или иного типа технологических инноваций на производительность определяется в первую очередь фазой инновационного цикла. Таким образом, представляется некорректным, например, в отрасли высоких технологий делать безусловную ставку на продуктовые инновации при постановке задачи целевого наращивания производительности. Такой же вывод можно сделать, оценивая комплементарный эффект продуктовых и процессных инноваций. Результат может не быть статистически значимым. Поэтому прогнозировать и оценивать влияние технологических нововведений нужно на

значительном временном горизонте, а ограничиваться оценкой производительности не дальновидно, поскольку внедрение, например, незначительной продуктовой инновации может никоим образом не влиять на производительность, но приводить к существенному росту продаж в краткосрочной перспективе.

Необходимость внедрения процессных инноваций подчеркивается в различных областях деятельности, например в области муниципального антикризисного управления для снижения затрат и ускорения организационных процессов [2], в области трансформации банковского сектора [3] посредством технологий искусственного интеллекта. В работе [4] рассматриваются процессы субконтрактации как процессные инновации для достижения положительного экономического эффекта, снижения юридических и организационных издержек. Отмечается важная роль процессных инноваций при реализации стратегического проекта «Прорыв» [5].

В работе [6] в качестве процессной инновации, внедряемой в инженерном центре группы компаний «ГАЗ», рассматривалась гибкая методология (Agile). В данном исследовании эта идея была раскрыта неполностью, хотя внедрение подобных инструментов действительно является инновационным решением, которое может существенно оптимизировать управленческие процессы и привести к значительному сокращению операционных издержек. Основной принцип методологии Agile, активно использующейся в ИТ-среде, заключается в принципиально другом проектном подходе к разработке новых продуктов. Во-первых, работа ведется короткими итерациями с постоянной сверкой результатов и поставленных целей. Таким образом обеспечивается адекватность поставленных задач перед разработчиками с точки зрения ожидания потребителей, рыночных параметров. Во-вторых, рыночные требования к продукту, проанализированные и подтвержденные маркетологами и коммерческими подразделениями, декомпозируются в локальные SMART-цели для отдельных подразделений инженеров, программистов, дизайнеров и т.д. Таким образом исключается вероятность создания продукта, не востребованного рынком. Также применение данной методологии как процессной инновации рассматривалось различными учеными в банковской среде [7], в ИТ-среде [8, 9] и в промышленности [10–12].

В рамках авиационной промышленности основные направления внедрения процессных инноваций, особенно за последние пять лет, были сосредоточены в секторе авиастроения. После 2022 г. на государственном уровне был сделан акцент на необходимости разработки и постановки на производство отечественных гражданских самолетов. Результатом повышения приоритета данного вопроса стала комплексная программа развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 г., являющаяся основополагающим документом, направленным на создание условий для устойчивого развития авиационной отрасли Российской Федерации[1]. Важно, что в условиях введенных ограничений возникла необходимость оперативно менять концептуальные подходы к разработке новой техники. Проекты изначально с широкой международной кооперацией стали переделывать под высокую степень локализации, потребовались масштабные программы по импортозамещению не только отдельных узлов и агрегатов, но и программного обеспечения, финансовых инструментов и пр. Данная ситуация повлияла на всю отрасль, результатом чего стал существенный спад в пассажирообороте в 2022–2023 гг. (табл. 1), который, однако, уже преодолен.

Среди наиболее популярных направлений внедрения инноваций в этой отрасли стоит отметить технические инновации, связанные с новыми материалами [13], внедрением систем управления полным жизненным циклом продукта (Product Lifecycle Management, PLM) [14], внедрением технологий 3D-печати [15]. В табл. 2 сформулированы основные приоритеты по процессным инновациям, активно внедряемым авиакомпаниями для реализации стратегии цифровой трансформации [16–21].

[1] Правительство России (2022) *Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.06.2022 г. № 1693-р*. [online] Available at: http://government.ru/docs/all/141773/ [Accessed 22.09.2026]. (in Russian)

**Таблица 1. Фактическая динамика развития пассажиропотока**
**Table 1. Actual dynamics of passenger traffic development**

| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---|---|---|---|---|
| **Общее количество перевезенных пассажиров, млн чел.** | **111** | **95,1** | **105,1** | **111,3** |
| *В том числе на международных рейсах, млн чел.* | *23,5* | *17,5* | *22,4* | *26,6* |
| *В том числе на внутренних рейсах, млн чел.* | *87,5* | *77,6* | *82,7* | *84,7* |
| **Объем перевезенных грузов, тыс. тонн** | **1476,9** | **599,1** | **467,3** | **487,7** |

Источник: составлено авторами.

**Таблица 2. Основные технологические приоритеты для процессных инноваций, внедряемых авиакомпаниями**
**Table 2. Main technological priorities for process innovations implemented by airlines**

| Направление | Технология |
|---|---|
| Организация воздушного движения | Технология автоматического зависимого наблюдения – вещания (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast, ADS-B). |
| Работа с клиентами | Большие данные и искусственный интеллект (Big Data + AI) |
| Уберизация | Цифровые платформы для выстраивания эффективных взаимоотношений участников в единой информационной среде |
| Персонализация | Цифровые платформы для повышения качества обслуживания пассажиров |
| Повышение оперативности обслуживания | Цифровые персональные устройства |
| Безопасность здоровья | Бесконтактная технология «связь ближнего поля» (Near Field Communication, NFC) для обмена информацией |
| Биометрия, пограничный контроль и багаж | Технология идентификации пассажиров и багажа на авиатранспорте |
| Оптимизация работы авиакомпании | Единая цифровая среда технологических данных |
| Увеличение эффективности ИТ-служб | ИТ-технологии |

Источник: составлено авторами.

Таким образом, целью исследования были обобщение информации в области процессных инноваций и рассмотрение их особенностей применительно к цифровой трансформации отдельного предприятия на примере отрасли гражданских авиаперевозок. Также была поставлена цель предложить новые эффективные инструменты оценки процессных инноваций с учетом их специфики.

**Методы и материалы**

Объектом исследования выступили процессные инновации, внедряемые в деятельность предприятий отрасли гражданских авиационных перевозок в условиях цифровой трансформации их деятельности. В качестве теоретической базы использовались научные публикации ведущих отечественных и зарубежных ученых, материалы международных конференций, нормативно-правовые акты. Для исследования применялся комплексный подход, основанный на методах сбора, анализа и визуализации данных в рамках научного подхода с элементами методов математического моделирования.

Исследование выполнялось в несколько этапов. На первом проводился системный анализ состояния дел в области внедрения процессных инноваций в современных организациях

и специфики отрасли авиационных перевозок в данном контексте. На втором этапе на основании проведенного исследования были сформулированы основные особенности процессных инноваций, которые характерны для данного сектора промышленности, был предложен механизм их генерации и реализации, были разработаны алгоритмы оценок их реализуемости и перспективности. На третьем этапе была осуществлена апробация разработанных инструментов на примере реальных проектов одного из лидеров российского рынка – авиакомпании S7 Airlines.

**Результаты и обсуждение**

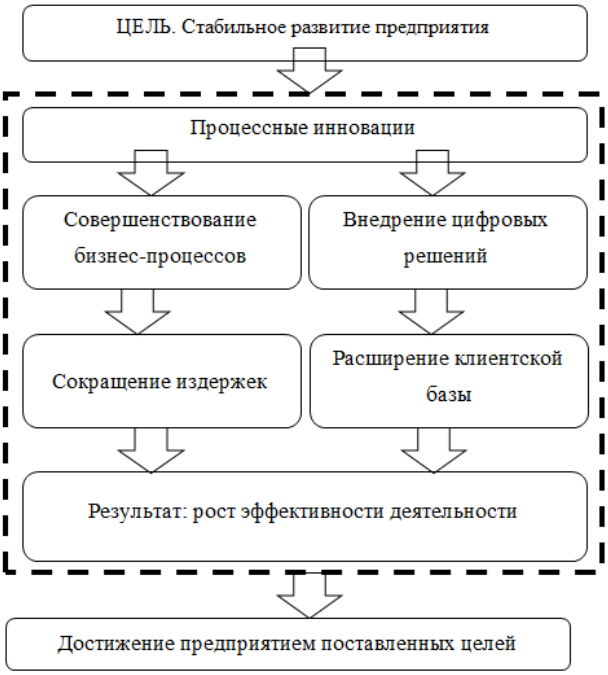
Инновационному развитию гражданской авиации в настоящее время уделяется повышенное внимание со стороны государства. Закрытие воздушного пространства ряда зарубежных стран для пролета воздушных судов российских авиакомпаний в марте 2022 г., введенные ограничения в отношении их технического обслуживания, а также последующее вынужденное закрытие аэропортов на юге России значительно ограничили возможности полетов и потребовали фактически полного пересмотра стратегии развития авиатранспортной отрасли страны. Вследствие описанных причин в июне 2022 г. вышло распоряжение Правительства Российской Федерации № 1693-р от 25.06.2022 г. об утверждении комплексной программы развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 г. Среди прочего в данном документе были отражены следующие системные риски:

- спад спроса в авиаперевозках на международных линиях, вследствие этого ухудшение финансовой ситуации авиакомпаний, аэропортов;
- спад предложения на внутренних линиях по причине общего устаревания парка пассажирских самолетов, отсутствие возможности обслуживания в полном объеме и поставки запасных частей со стороны производителей, нехватка квалифицированных кадров;
- большие сложности с импортозамещением узлов пассажирских самолетов, концепция разработки которых изначально предполагала широкую международную кооперацию.

Цифровая трансформация является ключевым трендом почти во всех областях науки и техники. Концептуально цифровая трансформация представляет собой комплексный процесс интеграции цифровых технологий и решений в различные аспекты деятельности организации. В современном мире активно развиваются цифровые технологии, работа с большими данными, появляются новые инструменты, связанные с искусственным интеллектом. Следование этому тренду приводит к существенным конкурентным преимуществам и росту операционной и экономической эффективности компании.

Можно сформулировать некоторые специфические области применения процессных инноваций, характерные для предприятий, работающих в сфере услуг, в частности для гражданских авиакомпаний, и ставящих перед собой цель стабильного устойчивого развития [22]. Первая точка применения – это внутренние бизнес-процессы организации. Операционные издержки существенно влияют на эффективность деятельности любой компании, особенно компании, оказывающей услуги конечному потребителю. Оптимизация бизнес-процессов или внедрение средств автоматизации приводит к повышению операционной эффективности отдельных сотрудников или подразделений, высвобождая время для других задач, таким образом сокращая временные издержки, которые в конечном счете выражаются в операционных затратах, уменьшающих прибыль. Схематично специфика процессных инноваций, характерных для гражданских авиакомпаний, отражена на рис. 1.

Второе перспективное направление внедрения процессных инноваций – внедрение современных цифровых решений. Это направление является по сути универсальным по сфере применения и частично уже было упомянуто в качестве средств автоматизации бизнес-процессов.




Источник: составлено авторами.

Рис. 1. Специфика процессных инноваций, характерных для гражданских авиакомпаний

Fig. 1. Specifics of process innovations typical for civil airlines

Выделение их отдельной строкой обусловлено тем, что речь идет о цифровых решениях, напрямую влияющих на лояльность потребителей. Примерами тому являются удобное в использовании пассажирами корпоративное мобильное предложение, система отслеживания багажа на конкретном рейсе, использование аналитики покупок для выдачи наиболее актуальных рекомендаций и т.д.

Жизненный цикл подобных специфичных процессных инноваций, рассматриваемых не отдельно друг от друга, а в рамках цели формирования программы цифровой трансформации предприятия, укрупненно представляет собой этапы их генерации, оценок реализуемости и перспективности этих инноваций, формирования на их основе программы сбалансированной цифровой трансформации компании, ее реализации и формирования обратной связи для анализа и корректировки составленной программы [23–25]. Схематично механизм реализации программы развития на основе процессных инноваций с отмеченными особенностями представлен на рис. 2.

Отдельно стоит остановиться на предлагаемом механизме генерации процессных инноваций. Внедрить оптимизационные решения невозможно, находясь в отрыве от лучших практик в этой среде, научного сообщества, вешних экспертов. Поэтому структура этапа генерации включает в себя субъектов как внешней, так и внутренней среды. Подразумевается, что для определения источников финансирования могут использоваться как внутренние корпоративные, так и внешние источники [26–28]. То же касается определения приоритетных направлений и формирования первичного набора процессных инноваций, которые в дальнейшем будут рассматриваться с точки зрения их перспективности и реализуемости. В результате реализации данного механизма на предприятии формируется программа цифрового развития по наиболее актуальным направлениям деятельности компании, подтвержденная ресурсами.

Принципиальные алгоритмы осуществления оценок реализуемости и перспективности процессных инноваций представлены на рис. 3.




Источник: составлено авторами.

Рис. 2. Механизм реализации программы развития на основе процессных инноваций в гражданских авиакомпаниях

Fig. 2. Mechanism for implementing a development program based on process innovations in civilian airlines




Источник: составлено авторами.

Рис. 3. Алгоритмы оценок реализуемости и перспективности процессных инноваций в гражданских авиакомпаниях

Fig. 3. Algorithms for assessing the feasibility and prospects of process innovations in civil airlines

Алгоритм оценки реализуемости построен на принципе многокритериальной оценки проекта по трем ключевым направлениям: инвестиционному, технико-экономическому и маркетинговому. Алгоритм оценки перспективности включает в себя оценку уровня рисков, оценку цифровой ориентированности и оценку синергетического эффекта. По результату оценки перспективности формируется рейтинг проектов, на основании которого распределяются приоритеты в реализации программы цифровой трансформации.

Разработанный механизм был апробирован на реальных проектах авиакомпании S7 Airlines (АО «Авиакомпания „Сибирь“»). В табл. 3 приведен перечень процессных инноваций, претендовавших на включение в программу цифровой трансформации.

**Таблица 3. Процессные инновации, претендующие на включение в программу цифровой трансформации авиакомпании S7 Airlines**
**Table 3. Process innovations applying for inclusion in the digital transformation program of S7 Airlines**

| № | Проект | Описание | Срок реализации, лет | Инвестиции, млн руб. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Внедрение технологий эффективности полета | Разработка комплекса мероприятий в рамках стратегии снижения потребления топлива во время полета, руления, взлета и посадки воздушных судов. | 3 | 166 |
| 2 | Внедрение технологий больших данных | Разработка ИТ-инструментария анализа и структурирования большого объема данных и формирование конкретных персонализированных данных. | 6 | 480 |
| 3 | Развитие бортовой системы развлечений (In-Flight Entertainment, IFE) | Оснащение всех самолетов парка системой развлечений, позволяющей внедрять новые услуги, например предоставление информации о полете в режиме реального времени, онлайн-кинотеатры, подкасты, использование мессенджеров и пр. | 6 | 3000 |
| 4 | Внедрение системы поддержания летной годности | Разработка облачной платформы, автоматизирующей и систематизирующей информацию по планированию и осуществлению технического обслуживания и ремонта воздушных судов. | 10 | 700 |
| 5 | Внедрение системы бронирования | Разработка кросс-платформенного приложения с широким функционалом в части управления расписанием, бронированием билетов и т.д. | 5 | 2700 |

Источник: составлено авторами.

По результатам проведения оценки реализуемости процессных инноваций все проекты были включены в программу цифровой трансформации. Рассматриваемые критерии и их числовые значения приведены в табл. 4.

После оценки реализуемости (рис. 3) была проведена оценка перспективности процессных инноваций. Оценка уровня рисков проводилась экспертным методом и вычислялась по формуле:

$$R = \frac{1}{\max \chi_{ij}} \cdot \frac{1}{m \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \chi_{ij}, \quad (1)$$

где $m$ – количество экспертов, $n$ – количество рассматриваемых факторов риска, $\chi_{ij}$ – оценка $j$-го эксперта $i$-го фактора.

**Таблица 4. Анализ процессных инноваций, претендующих на включение в программу цифровой трансформации**
**Table 4. Analysis of process innovations that could be included in the digital transformation program**

| № п/п | Наименование | Обозначение | Ед. измерения | Проект | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *Инвестиционный анализ* | | | | | | | | |
| 1.1 | Чистый дисконтированный доход | *NPV* | тыс. руб. | 339515 | 261255 | 335167 | 391234 | 860918 |
| 1.2 | Внутренняя норма доходности | *IRR* | % | 48 | 34 | 23 | 34 | 38 |
| 1.3 | Потребность в дополнительном финансировании | *ICF* | тыс. руб. | 0 | 0 | 2000000 | 0 | 0 |
| 1.4 | Индекс доходности инвестиций | *PI* | ед. | 3,05 | 1,54 | 1,11 | 1,56 | 1,32 |
| 1.5 | Дисконтированный срок окупаемости | *DPP* | мес. | 12 | 36 | 72 | 72 | 60 |
| *Экономико-технический анализ* | | | | | | | | |
| 2.1 | Снижение временных затрат целевого бизнес-процесса | $\Delta T$ | % | 3 | 20 | 0 | 5 | 15 |
| 2.2 | Уровень доступности (структурированности) цифровых данных | $\delta_{\alpha}$ | % | 79 | 18 | 52 | 63 | 81 |
| 2.3 | Уровень готовности ИТ-инфраструктуры | $\delta_{O}$ | % | 100 | 39 | 58 | 47 | 53 |
| 2.4 | Степень влияния на производительность труда | *LP* | ед. | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 |
| 2.5 | Себестоимость | *CP* | % | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.6 | Влияние на окружающую среду | $R_f$ | ед. | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *Маркетинговый анализ* | | | | | | | | |
| 3.1 | Влияние на пунктуальность рейсов | $K_T$ | Ед. | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| 3.2 | Индекс потребительской лояльности | *NPS* | Ед. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3.3 | Уровень безопасности полетов | $K_S$ | Ед. | 2 | 0 | 0 | 5 | 0 |
| 3.4 | Степень влияния на пассажирооборот | *PT* | Ед. | 0 | 3 | 2 | 0 | 1 |

Источник: составлено авторами.

Оценка цифровой ориентированности проводилась с точки зрения его влияния на вовлеченность цифровых решений в текущие бизнес-процессы предприятия. Если в результате реализации проекта их количество увеличивается, то $D$ принимает значение 1, если не изменяется или уменьшается, то $D$ принимает значение 0.

Параметр синергетического эффекта ($S$) представляет собой отношение затрат, понесенных предприятием ранее для создания научно-технического задела, используемого в проекте, к общему объему инвестиционных вложений в проект:

$$S = \frac{IC_S}{IC} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $IC_S$ – инвестиции на создание задела, $IC$ – общий объем инвестиций.

Результирующий рейтинг перспективности рассчитывался на основании проведенных оценок рисков, цифровой ориентированности и синергетического эффекта следующим образом:

$$F_i\left(R, D, S\right) = D_i \cdot \left( \frac{\min R_i}{R_i} + \frac{S_i}{\max S_i} \right). \quad (3)$$

По результатам проведенной оценки был сформирован рейтинг каждого проекта, на основании которого проводилось ранжирование проектов и принималось решение о их приоритетах. Результаты оценки перспективности проектов приведены в табл. 5.

**Таблица 5. Оценка перспективности проектов программы цифровой трансформации**
**Table 5. Assessment of the prospects of digital transformation program projects**

| | **Уровень рисков *R*** | **Цифровая ориентированность *D*** | **Синергетический эффект *S*** | **Рейтинг перспективности *F*** |
|---|---|---|---|---|
| Проект 1 | 12 | 1 | 25 | **1,83** |
| Проект 2 | 17 | 1 | 30 | **1,70** |
| Проект 3 | 22 | 1 | 5 | **0,71** |
| Проект 4 | 25 | 1 | 15 | **0,98** |
| Проект 5 | 27 | 1 | 20 | **1,11** |

Источник: составлено авторами.

Таким образом, в результате применения описанного механизма была сформирована сбалансированная программа цифровой трансформации компании (табл. 6). Для ее формирования все инвестиционные модели проектов, перечисленных в табл. 2, были сведены в программу и ранжированы в соответствии с рассчитанным рейтингом перспективности. Далее, для того чтобы программа уложилась в бюджет, был осуществлен сдвиг сроков реализации вправо наименее перспективных проектов.

**Заключение**

В результате проведенного исследования были рассмотрены специфические особенности, характерные для процессных инноваций компаний, существующих в условиях резильентности экономики, а также с учетом специфики отрасли гражданских авиаперевозок был сформулирован механизм реализации программы развития на основе процессных инноваций в гражданских авиакомпаниях. Кроме того, были разработаны и применены алгоритмы оценки перспективности и реализуемости процессных инноваций. На их основе была сформирована сбалансированная программа цифровой трансформации авиакомпании S7 Airlines.

**Таблица 6. Программа цифровой трансформации**
**Table 6. Digital transformation program**

| | *F* | *Год реализации и объем финансирования, млн руб.* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Проект 1 | 1,83 | 98 | 34 | 34 | | | | |
| Проект 2 | 1,70 | 200 | 100 | 45 | 45 | 45 | 45 | |
| Проект 5 | 1,11 | 500 | 900 | 1300 | | | | |
| Проект 4 | 0,98 | | 100 | 300 | 300 | | | |
| Проект 3 | 0,71 | | | | 400 | 600 | 1000 | 1000 |
| ИТОГО | | 798 | 1134 | 1679 | 745 | 645 | 1045 | |

Источник: составлено авторами.

***Направления дальнейших исследований***

Будущие исследования необходимо проводить в направлении создания методологической базы, позволяющей формировать программу цифровой трансформации предприятий других секторов экономики, а также расширения инструментов анализа, оценки и внедрения процессных инновационных проектов. Кроме того, перспективным представляется направление создания компьютерных программ, позволяющих автоматизировать и унифицировать данные процессы.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Домнич Е. (2022) Влияние продуктовых и процессных инноваций на производительность: обзор эмпирических исследований. *Форсайт*, 16 (3), 68–82. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.3.68.82

2. Чижмак Я.А. (2025) Территориальные программы антикризисного управления в области процессных и реорганизационных инноваций. *Проблемы и перспективы развития системы государственного управления, бухгалтерского учёта и аудита в условиях цифровой экономики*, 321–323.

3. Панков Д., Зубок С. (2024) Трансформация банковского сектора на основе развития технологии искусственного интеллекта: анализ продуктовых и процессных инноваций. *Банковский вестник*, 10 (735), 9–19.

4. Таюпов Р.И. (2025) Субконтрактация как форма процессных инноваций. *Экономика и управление: научно-практический журнал*, 5 (185), 103–109. DOI: 10.34773/EU.2025.5.17

5. Хвостов Н.М., Казаров Г.И. (2025) Технологические и процессные инновации в рамках проекта «Прорыв». *Ядерные технологии: от исследований к внедрению – 2025*, 116–117.

6. Боровкова К.С. (2020) Внедрение Процессной инновации Agile в ООО «ОИЦ». *Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций*, 157–159.

7. Пожидаева Н.А. (2022) Применение проектных и процессных подходов на примере крупнейших банков Российской Федерации. *Идеи и идеалы*, 14 (1–2), 278–290. DOI: 10.17212/2075-0862-2022-14.1.2-278-290

8. Шмелева А.С., Сулоева С.Б., Ростова О.В. (2023) *Методы и инструменты гибкого управления цифровыми инновационными проектами*, монография, СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

9. Пащенко Д.С. (2024) Усложнение инновационной модели высокотехнологичной IT-компании. *Информационные технологии*, 30 (12), 646–657. DOI: 10.17587/it.30.646-657

10. Наугольнова И.А. (2023) Эволюция подходов к управлению промышленным предприятием: роль инноваций в современных условиях. *Креативная экономика*, 17 (5), 1763–1784. DOI: 10.18334/ce.17.5.118234

11. Новикова А.В., Исайченкова В.В. (2022) Применение методологии Agile в процессном управлении промышленным предприятием. *Управленческий учет*, 3–3, 508–514. DOI: 10.25806/uu3-32022508-514

12. Рейхерт К.И., Иванова Ю.О. (2025) Обоснование и разработка рекомендаций по использованию инновационных решений российскими компаниями. *Вестник Евразийской науки*, 17 (s1), ст. № 78FAVN125.

13. Ендовицкая А.А., Скопинцева Е.С. (2024) Инновации в авиастроении: роль углекомпозитов и других композитов в проектировании и моделировании. *Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства*, 33–36.

14. Конина Н.Ю., Двойников А.А. (2026) PLM-среда и управление цифровыми инновациями в авиастроительном холдинге. *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*, 3 (114), 81–93. DOI: 10.37493/2307-907X.2026.3.9

15. Юнусова К.А., Лэй Р.А. (2026) Технологии 3D-печати в авиационной промышленности. *Дегтярев-145: наука без границ*, 85–89.

16. Аврамчиков В.М., Тимохович А.С., Рожнов И.П. (2024) Цифровая трансформация в авиационной отрасли: возможности и перспективы. *Вестник Евразийской науки*, 16 (3), ст. № 04ECVN324.

17. Белякова Г.Я., Аврамчиков В.М. (2024) Специфика и особенности цифровой трансформации авиаотрасли. Вестник Томского государственного университета. *Экономика*, 68, 273–292. DOI: 10.17223/19988648/68/14

18. Этри Э., Карбланк Э., Гиртен Д., Лешер М., Пилат Д., Вайкофф Э., Кейхин Б. (2020) Векторы цифровой трансформации. *Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика*, 15 (3), 7–50. DOI: 10.17323/1996-7845-2020-03-01

19. Герасименко Д.В., Закарян М.Р. (2024) Тенденции развития авиационной отрасли в условиях цифровой трансформации. *Общество и экономика знаний, управление капиталами: цифровая экономика знаний*. KSEM-2024, 342–358.

20. Сидоров Д.А. (2016) Инновационная деятельность в авиакомпаниях и аэропортах. *Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества*, 1, 36–42.

21. Мороз С.В. (2025) Анализ эффективности управления российскими авиакомпаниями в новой экономической реальности. *Современные тенденции развития менеджмента и государственного управления*, 2, 79–82.

22. Ланская Д.В., Ермоленко В.В., Новошицкая Н.С., Пискун Д.Г. (2022) Эффективность коммерческой деятельности аэропорта и сервисные инновации. *Естественно-гуманитарные исследования*, 44 (6), 170–179.

23. Адамова Д.Д., Зайнулина В.Н., Шафеев М.М., Путинцев А.А. (2026) Управление инновациями на предприятии: современные подходы и методы. *Актуальные вопросы современной науки*, 84–89.

24. Тарасов И.В. (2019) Подходы к формированию стратегической программы цифровой трансформации предприятия. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 10 (2), 182–191. DOI: 10.17747/2618-947X-2019-2-182-191

25. Яшин С.Н., Капарулин Д.Л. (2025) Механизм внедрения процессных инноваций в текущую деятельность авиакомпаний. *Прогрессивная экономика*, 6, 129–139. DOI: 10.54861/271312-11_2025_6_129

26. Яшин С.Н., Таммам Дибо (2024) Моделирование процесса управления инновационным развитием предприятия в промышленной сфере. *Управленческий учет*, 9, С. 255–260.

27. Стоянова К.Ю., Стефаненко-Шупик А.П. (2024) Процесс управления инновационным развитием предприятия. *Донбасс будущего глазами молодых ученых*, 294–298.

28. Коротаев А.И. (2023) Экономический механизм управления программой инновационного развития компании. *Инновационная наука*, 12–1, 79–81.

## REFERENCES

1. Domnich E. (2022) The Impact of Product and Process Innovations on Productivity: A Review of Empirical Studies. *Foresight and STI Governance*, 16 (3), 68–82. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.3.68.82

2. Chizhmak IA.A. (2025) Territorial'nye programmy antikrizisnogo upravleniia v oblasti protsessnykh i reorganizatsionnykh innovatsii [Territorial crisis management programs in the field of process and reorganization innovations]. *Problemy i perspektivy razvitiia sistemy gosudarstvennogo upravleniia, bukhgalterskogo ucheta i audita v usloviiakh tsifrovoi ekonomiki* [*Problems and prospects for the development of public administration, accounting and auditing systems in the digital economy*], 321–323.

3. Pankou D., Zubok S. (2024) Трансформация банковского сектора на основе развития технологии искусственного интеллекта: анализ продуктовых и процессных инноваций. *Bank Bulletin Journal*, 10 (735), 9–19.

4. Tayupov R.I. (2025) Subcontracting as a Form of Process Innovation. *Economics and Management: a scientific and practical journal*, 5 (185), 103–109. DOI: 10.34773/EU.2025.5.17

5. Khvostov N.M., Kazarov G.I. (2025) Tekhnologicheskie i protsessnye innovatsii v ramkakh proekta "Proryv" [Technological and process innovations within the framework of the "Proryv" (Breakthrough) project]. *Iadernye tekhnologii: ot issledovanii k vnedreniiu – 2025* [*Nuclear Technologies: From Research to Implementation – 2025*], 116–117.

6. Borovkova K.S. (2020) Vnedrenie Protsessnoi innovatsii Agile v OOO "OITS" [Implementation of Agile Process Innovation at OIC LLC]. *Aktual'nye voprosy ekonomiki, menedzhmenta i innovatsii* [*Current Issues in Economics, Management, and Innovation*], 157–159.

7. Pozhidaeva N. (2022) Application of Project and Process Approaches on the Example of the Largest Banks of the Russian Federation. *Ideas and Ideals*, 14 (1–2), 278–290. DOI: 10.17212/2075-0862-2022-14.1.2-278-290

8. Shmeleva A.S., Suloeva S.B., Rostova O.V. (2023) *Metody i instrumenty gibkogo upravleniia tsifrovymi innovatsionnymi proektami* [*Methods and tools for agile management of digital innovation projects*], monograph, St. Petersburg: Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo.

9. Pashchenko D.S. (2024) Complicating the Innovative Model of a High-Tech IT Company. *Information Technologies*, 30 (12), 646–657. DOI: 10.17587/it.30.646-657

10. Naugolnova I.A. (2023) Evolution of approaches to industrial enterprise management: the role of innovation in modern conditions. *Creative Economy*, 17(5), 1763–1784. DOI: 10.18334/ce.17.5.118234

11. Novikova A.V., Isaychenkova V.V. (2022) Application of the agile methodology in the process management of an industrial enterprise. *Management Accounting*, 3–3, 508–514. DOI: 10.25806/uu3-32022508-514

12. Reichert Ch.I., Ivanova Yu.O. (2025) Justification and development of recommendations for the use of innovative solutions by Russian companies. *The Eurasian Scientific Journal*, 17 (s1), art. no. 78FAVN125.

13. Endovitskaia A.A., Skopintseva E.S. (2024) Innovatsii v aviastroenii: rol' uglekompozitov i drugikh kompozitov v proektirovanii i modelirovanii [Innovations in Aircraft Manufacturing: The Role of Carbon Composites and Other Composite Materials in Design and Modeling]. *Shkola-seminar molodykh uchenykh i spetsialistov v oblasti komp'iuternoi integratsii proizvodstva* [*School-Seminar for Young Scientists and Specialists in the Field of Computer-Integrated Manufacturing*], 33–36.

14. Konina N.Y., Dvoynikov A.A. (2026) PLM environment and digital innovation management in an aircraft manufacturing holding. *Newsletter of North-Caucasus Federal University*, 3, 81–93. DOI: 10.37493/2307-907X.2026.3.9

15. Iunusova K.A., Lei R.A. (2026) Tekhnologii 3D-pechati v aviatsionnoi promyshlennosti [3D Printing Technologies in the Aviation Industry]. *Degtiarev-145: nauka bez granits* [*Degtyarev-145: Science Without Borders*], 85–89.

16. Avramchikov V.M., Timokhovich A.S., Rozhnov I.P. (2024) Digital transformation in the aviation industry: opportunities and prospects. *The Eurasian Scientific Journal*, 16 (3), art. no. 04ECVN324.

17. Belyakova G.Ya., Avramchikov V.M. (2024) The specifics and features of the digital transformation of the aviation industry. *Tomsk State University Journal of Economics*, 68, 273–292. DOI: 10.17223/19988648/68/14

18. Attrey A., Carblanc A., Gierten D., Lesher M., Pilat D., Wyckoff A., Kahin B. (2020) Vectors of Digital Transformation. *International Organisations Research Journal*, 15 (3), 7–50. DOI: 10.17323/1996-7845-2020-03-01

19. Gerasimenko D.V., Zakarian M.R. (2024) Tendentsii razvitiia aviatsionnoi otrasli v usloviiakh tsifrovoi transformatsii [Trends in the development of the aviation industry in the context of digital transformation]. *Obshchestvo i ekonomika znanii, upravlenie kapitalami: tsifrovaia ekonomika znanii. KSEM-2024* [*Knowledge society and economy, capital management: the digital knowledge economy*], 342–358.

20. Sidorov D.A. (2016) Innovatsionnaia deiatel'nost' v aviakompaniiakh i aeroportakh [Innovation activities in airlines and airports]. *Grazhdanskaia aviatsiia na sovremennom etape razvitiia nauki, tekhniki i obshchestva* [*Civil aviation at the current stage of the development of science, technology, and society*], 1, 36–42.

21. Moroz S.V. (2025) Analiz effektivnosti upravleniia rossiiskimi aviakompaniiami v novoi ekonomicheskoi real'nosti [An Analysis of Management Efficiency in Russian Airlines within the New Economic Reality]. *Sovremennye tendentsii razvitiia menedzhmenta i gosudarstvennogo upravleniia* [*Modern Trends in the Development of Management and Public Administration*], 2, 79–82.

22. Lanskaya D.V., Ermolenko V.V., Novoshitskaya N.S., Piskun D.G. (2022) The efficiency of the airport's commercial activities and service innovations. *Natural-Humanitarian Studies*, 44 (6), 170–179.

23. Adamova D.D., Zainulina V.N., SHafeev M.M., Putintsev A.A. (2026) Upravlenie innovatsiiami na predpriiatii: sovremennye podkhody i metody [Innovation Management in the Enterprise: Modern Approaches and Methods]. *Aktual'nye voprosy sovremennoi nauki* [*Current Issues in Modern Science*], 84–89.

24. Tarasov I.V. (2019) Approaches to Developing a Strategic Program of Company's Digital Transformation. *Strategic Decisions and Risk Management*, 10 (2), 182–191. DOI: 10.17747/2618-947X-2019-2-182-191

25. Yashin S.N., Kaparulin D.L. (2025) Mechanism for implementing process innovations in the current activities of airlines. *Progressive Economy*, 6, 129–139. DOI: 10.54861/27131211_2025_6_129

26. Yashin S.N., Tammam Dibo (2024) Modelling of the process of management of innovative development of the enterprise in the industrial sphere. *Management Accounting*, 9, C. 255–260.

27. Stoianova K.Iu., Stefanenko-Shupik A.P. (2024) Protsess upravleniia innovatsionnym razvitiem predpriiatiia [The process of managing the innovative development of an enterprise]. *Donbass budushchego glazami molodykh uchenykh* [*The Donbas of the Future Through the Eyes of Young Scientists*], 294–298.

28. Korotaev A.I. (2023) The economic mechanism for managing the company's innovative development program. *Innovative Science*, 12–1, 79–81.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**ИВАНОВ Алексей Борисович**
E-mail: aleksey.b.ivanov@gmail.com
**Alexey B. IVANOV**
E-mail: aleksey.b.ivanov@gmail.com

**ЯШИН Сергей Николаевич**
E-mail: jashinsn@yandex.ru
**Sergey N. YASHIN**
E-mail: jashinsn@yandex.ru

*Поступила: 06.09.2026; Одобрена: 09.10.2026; Принята: 09.10.2026.*
*Submitted: 06.09.2026; Approved: 09.10.2026; Accepted: 09.10.2026.*