ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1959 ГОДА

КШП ОМД



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 3 '26

КУЗНЕЧНО ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО | ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

ЭЛЕКТРОННОЕ ДОПОЛНЕНИЕ

УЧРЕДИТЕЛИ:
АО «АвтоВАЗ»; Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»;
ОАО «Тяжмехпресс»; ООО «КШП ОМД»

СОДЕРЖАНИЕ

ИСПЫТАНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЬ

Глухих И. Н., Чернышева Т. Ю., Барская Г. Б., Бакановская Л. Н., Бородин В. С. Многоагентная система поддержки принятия решений по вопросам климатических рисков в машиностроении на основе RAG-архитектуры 53

Пастернак Ю. Г., Проскурин Д. К., Фёдоров С. М., Ищенко Е. А. Синфазная антенная решетка из усеченных параболических антенн 59

Басыров Р. Р., Нугуманов Г. Р., Гареева Г. А., Зиятдинов А. Ф., Григорьева Д. А. Технология уменьшения тепловой нагрузки элементов автомобильных двигателей 66

Пастернак Ю. Г., Проскурин Д. К., Фёдоров С. М., Ищенко Е. А. Линейная решетка из двух параболических сегментов с плавным и синхронным механическим управлением двумя ортогональными линейными поляризациями 71

ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ

Михайлова С. В. Влияние легирующих элементов на формирование упрочненного слоя при индукционной закалке ступенчатых деталей 78

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Муцзэ Г. Механизм компенсации просачивания смазочно-охлаждающей жидкости при микроскопических деформациях режущей кромки под воздействием нестационарного температурного поля 84

РЕМОНТ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, РЕНОВАЦИЯ

Пастернак Ю. Г., Проскурин Д. К., Фёдоров С. М., Ищенко Е. А. Антенная система из патч-излучателей с двумя ортогональными линейными поляризациями 91

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Гареева Г. А., Файзуллина А. Г., Новикова А. Р., Фролова И. И., Мирсаитова А. А. Создание системы автоматизированного управления вентиляционными установками на базе контроллера Kinco 99

ОБЗОР

Петросян А. К., Алимова М. О. Современное состояние и научно-технические предпосылки рециклинга при производстве колесной стали и управления неметаллическими включениями 105

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАРКЕТИНГ

Колесникова Д. В. Актуальные аспекты цифровизации процессов в машиностроении и металлургии 112

Шайбакова Л. Ф., Скворцов Е. А., Морозова Г. М. Оценка и оптимизация ценообразования на экспортную продукцию в медном производстве 118

Галкин А. И. Управление промышленной модернизацией на основе данных цифровых платформ и цифровых двойников предприятий и отраслей 126

Урасова Н. Г. Асимметричное поведение затрат промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации: факторы, механизмы, эмпирические оценки 134

Балдина Е. И., Ваславский Я. И., Алешков А. В. Экономические и управленческие эффекты внедрения PLM-концепции на промышленном предприятии 141

Панина О. В. Механизмы устойчивости промышленных предприятий и цепочек поставок: управление рисками импортозависимости логистических сбоев и киберугроз 146

Красюкова Н. Л. Эффективность кластерной политики и развитие промышленной экосистемы как драйверов роста производительности и экспорта в условиях ограниченного доступа к внешним рынкам 154

Главный редактор
А. Н. Абрамов

Зам. главного редактора:
В. А. Мальгинов

Редакционная коллегия:

Л. Б. Аксёнов,
И. С. Алиев (Украина),
Д. Банабик (Румыния),
Р. З. Валиев,
И. Ю. Ваславская,
А. Л. Воронцов,
Ф. В. Гречников,
Р. Р. Дема,
Ж. Журко (Словакия),
А. И. Канарейкин,
А. П. Ковалёв,
А. В. Корнилова,
В. Д. Кухарь,
А. Ф. Лещинская,
И. Я. Мовшович (Украина),
Р. И. Непершин,
С. С. Одинг,
Н. П. Петров,
И. И. Просвирина,
Г. И. Рааб,
Е. Н. Сосёнушкин,
С. А. Стебунов,
А. И. Стешин,
В. А. Тюрин,
Ф. З. Утяшев,
В. Г. Шибаков,
В. Ю. Шолом

Редакция:

ООО «КШП ОМД»

Адрес редакции: 143987, Московская обл., г. Балашиха (мкр. Железнодорожный), ул. Советская, д. 42, кв. 41
E-mail: kshp-omd@mail.ru
www.kshp-omd.ru
Адрес для отправки корреспонденции: 143987, Московская обл., г. Балашиха (мкр. Железнодорожный), ул. Советская, д. 42, кв. 41 (для «КШП ОМД»)

Еремин С. Г. Оценка воздействия программ промышленной поддержки выбор методологии причинно-следственного анализа построение метрик и использование административных данных 161
Имамов М. М., Семенихина Н. Б. Стратегии умной специализации и приоритеты научно-технологического развития как основа согласования региональной повестки и корпоративных портфелей инноваций промышленных компаний 169
Сильвестров С. Н., Побываев С. А., Котова Н. Е., Чернышева Т. К., Решетников С. Б. Региональное измерение государственного стратегического управления предприятиями и баланс интересов федерального и местного уровней при создании кластеров индустриальных парков и специальных экономических зон 176
Бондаренко М. П. Цифровые маркетинговые способности и адаптация компаний к реконфигурации трансграничных торговых потоков: эмпирические свидетельства рынков ЕАЭС 184
Тронин С. А. Трансформация корпоративных финансовых стратегий российских промышленных компаний в условиях реструктуризации внешнеторговых связей 191
Вирт А. Э.,Ваславский Я. И., Ваславская И. Ю. Теоретико-функциональные основы формирования инструментов управления промышленным предприятием 198
Красюкова Н. Л. Координация промышленной и научно-технологической политики для ускорения диффузии передовых производственных технологий и сокращения технологического разрыва 203
Крупнов Ю. А., Ганебных Е. В., Гордеева Е. А. Модернизация производства в стратегии устойчивого развития промышленных предприятий 210
Фролова В. Б. ESG-Факторы в системе управления финансово-производственными рисками промышленных предприятий: эмпирические свидетельства и перспективы интеграции в российскую промышленную практику 218
Бондаренко М. П. Экономическая оценка эффективности маркетинговых инвестиций в цифровые каналы продвижения: структура расходов, модели атрибуции и канальная дифференциация возвратности 225
Машенцева Г. А., Нестеренко С. А., Савин А. Ю., Синюков В. А. Адаптивное управление промышленными предприятиями как фактор устойчивости в условиях нестабильности 233
Кочетков Е. П. Формирование методики оценки угрозы банкротства промышленных организаций: синтез экономического и правового подходов 238
Еремин С. Г., Бабына И. В. Оценка влияния субсидий налоговых стимулов и регуляторных режимов на инвестиции в основные фонды и перезагрузку промышленного роста 250
Моттаева А. Б. Цифровые механизмы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в системе региональной кластерной экономики 259
Сюзева О. В., Кожина В. О., Измайлова С. А. Интеграция цифровых технологий в систему устойчивого развития горнодобывающей промышленности 266
Патутина Н. А., Кудряшов В. С., Иванова С. П., Джендубаева С. А. Анализ основных подходов к оценке маркетингового потенциала креативных кластеров 274
Харитонова М. Н., Веселова Ю. В., Чекулдова С. В., Дворникова Ю. В. Моделирование оптимальной динамики инвестиций в транспортную инфраструктуру 281

ПЕРСОНАЛ И КАДРЫ

Масалева М. В., Балицкий П. С., Целуйко А. В., Зайцев О. Н., Тюрников А. П. Модели кадрового менеджмента промышленной компании, ориентированные на удержание и развитие ключевых компетенций персонала в условиях перехода к гибридным формам занятости и автоматизации производственных процессов 288
Кровяков И. В., Балицкий П. С., Целуйко А. В., Зайцев О. Н., Тюрников А. П. Модели взаимодействия службы управления персоналом с линейными руководителями и офисом управления проектами для формирования кадрового резерва и развития лидерских компетенций на производстве 295
Галкин А. И. Развитие человеческого капитала для новой индустриализации согласование профессионального образования и навыков с потребностями предприятий и технологических тенденций 302
Махмутова А. Н., Зиннатуллина А. Н. Стандарты деловой переписки и переговоров на английском языке как инструмент снижения операционных рисков и улучшения взаимодействия HR-подразделений с внешними и внутренними стейкхолдерами 310
Полевой С. А. Кадровое обеспечение проектно-ориентированных организаций: адаптация HR-практик в условиях структурной трансформации рынка труда 316
Полевая М. В. Трансформация стратегий управления персоналом в условиях структурного дефицита кадров: компетентностный подход и цифровые инструменты 323

БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

Войтенок О. В. Развитие технологий противодействия угрозам применения беспилотных воздушных судов 330
Ежова Л. А. Информационная безопасность в условиях расширения цифровых сервисов 340

ОБСУЖДЕНИЕ

Панина О. В. Координация промышленной политики с политикой конкуренции, торговой политикой и научно-технической политикой для снижения провалов координации и повышения динамической эффективности 348
Кучковская Н. В. Фискальная устойчивость региональных бюджетов Российской Федерации как фактор развития промышленных предприятий: структурная трансформация доходной базы и риски разбалансировки в условиях 2022–2025 гг. 355
Лазарев М. П. Финансовая устойчивость промышленных предприятий России в условиях жесткой денежно-кредитной политики: адаптационные механизмы и кредитные риски 363
Арутюнян О. О. Барьеры в процессе передачи технологий между университетом и промышленностью 372
Кучковская Н. В. Переход к прогрессивному налогообложению доходов физических лиц в России: фискальные эффекты, влияние на неравенство и значение для промышленных предприятий 378
Ежова Л. А. Архитектурные принципы проектирования интерфейсов цифровых сервисов 386
Тронин С. А. Трансформация механизмов корпоративного финансирования в условиях внешних ограничений и жесткой денежно-кредитной политики: российский опыт 2022–2025 гг. 391

PUBLISHED SINCE JANUARY 1959

КШП ОМД



№ 3 '26

SCIENTIFIC, TECHNICAL AND PRODUCTION JOURNAL

FORGING AND STAMPING PRODUCTION · MATERIAL WORKING BY PRESSURE

ISSUED MONTHLY

FOUNDERIES:
Public Company «AutoVAZ»; MSUT «STANKIN»;
Public Company «Tyazhmekhpress»; «KSHP OMD» Ltd

CONTENTS

TESTS, MEASUREMENTS, CONTROL

Glukhikh I. N., Chernysheva T. Yu., Barskaya G. B., Bakanovskaya L. N., Borodin V. S. Multi-agent decision support system for climate risk management in mechanical engineering based on the RAG-architecture 53

Pasternak Yu. G., Proskurin D. K., Fedorov S. M., Ishchenko E. A. In-phase antenna array of truncated parabolic antennas 59

Basyrov R. R., Nugumanov G. R., Gareeva G. A., Ziyatdinov A. F., Grigorieva D. A. Technology for reducing thermal load on automotive engine components 66

Pasternak Yu. G., Proskurin D. K., Fedorov S. M., Ishchenko E. A. Linear array of two parabolic segments with smooth and synchronous mechanical control of two orthogonal linear polarizations 71

MICROSTRUCTURE FEATURES OF MATERIALS

Mikhailova S. V. Influence of alloying elements on the hardened layer formation during induction hardening of stepped parts 78

LUBRICANTS

Muze G. A mechanism for compensating for coolant seepage during microscopic cutting edge deformations under the influence of a transient temperature field 84

REPAIR, MODERNIZATION, RENOVATION

Pasternak Yu. G., Proskurin D. K., Fedorov S. M., Ishchenko E. A. Antenna system of patch radiators with two orthogonal linear polarizations 91

PRODUCTION CONTROL AUTOMATION

Gareeva G. A., Faizullina A. G., Novikova A. R., Frolova I. I., Mirsaitova A. A. Creating an automated control system for ventilation units based on the Kinko controller 99

REVEIW

Petrosyan A. K., Alimova M. O. Actual status and scientific and technical prerequisites for recycling in wheel steel production and non-metallic inclusion management 105

ECONOMY, MANAGEMENT, MARKETING

Kolesnikova D. V. Current aspects of digitalization in mechanical engineering and metallurgical production processes 112

Shaybakova L. F., Skvortsov E. A., Morozova G. M. Evaluation and optimization of pricing for export products in copper production 118

Galkin A. I. Industrial modernization management based on data from digital platforms and digital twins of enterprises and industries 126

Urasova N. G. Asymmetric behavior of industrial enterprises' costs in the context of digital transformation: factors, mechanisms, and empirical estimates 134

Baldina E. I., Vaslavskiy Ya. I., Aleshkov A. V. Economic and managerial effects of implementing the PLM concept in an industrial enterprise 141

Panina O. V. Mechanisms of resilience of industrial enterprises and supply chains: risk management of import dependence, logistical disruptions and cyber threats 146

Krasyukova N. L. Effectiveness of cluster policy and development of the industrial ecosystem as drivers of productivity and export growth under conditions of limited access to external markets 154

Editor-in-chief
A. N. Abramov

Deputy editor-in-chief:
V. A. Malginov

Editorial board:

L. B. Aksenov,
I. S. Aliyev (Ukraine),
D. Banabic (Romania),
R. Z. Valiev,
I. Yu. Vaslavskaya,
A. L. Vorontsov,
F. V. Grechnikov,
R. R. Dema,
J. Jurko (Slovak Republic),
A. I. Kanareykin,
A. P. Kovalev,
A. V. Kornilova,
V. D. Kukhar',
A. F. Leshchinskaya,
I. Ya. Movshovich (Ukraine),
R. I. Nepershin,
S. S. Oding,
N. P. Petrov,
I. I. Prosvirina,
G. I. Raab,
E. N. Sosenushkin,
S. A. Stebounov,
A. I. Steshin,
V. A. Tyurin,
F. Z. Utyashev,
V. G. Shibakov,
V. Yu. Sholom

Editorial staff:
«KSHP OMD» Ltd

Postal adress: 143987, Moscow region,
Balashikha (md. Zheleznodorozhny),
Sovetskaya st., 42, 41
E-mail: kshp-omd@mail.ru
www.kshp-omd.ru

Eremin S. G. Assessment of the impact of industrial support programs: selection of causal analysis methodology, construction of metrics and use of administrative data 161
Imamov M. M., Semenikhina N. B. Smart specialization strategies and priorities of scientific and technological discussion as a basis for coordination of regional agenda and corporate innovation portfolios of industrial companies 169
Silvestrov S. N., Pobyvaev S. A., Kotova N. E., Chernysheva T. K., Reshetnikov S. B. The regional dimension of state strategic enterprise management and the balance of interests at the federal and local levels in the creation of clusters of industrial parks and special economic zones 176
Bondarenko M. P. Digital marketing capabilities and firm adaptation to reconfiguration of cross-border trade flows: Empirical evidence from EAEU markets 184
Tronin S. A. Transformation of corporate financial strategies of Russian industrial companies in the context of restructuring of foreign trade relations 191
Virt A. E., Vaslavskiy Ya. I., Vaslavskaya I. Yu. Theoretical and functional foundations for the formation of management tools for an industrial enterprise 198
Krasyukova N. L. Coordination of industrial and science and technology policy for accelerating the diffusion of advanced manufacturing technologies and reducing the technological gap 203
Krupnov Yu. A., Ganebnykh E. V., Gordeyeva Ye. A. Production line upgrades in sustainable development strategy for the industrial enterprises 210
Frolova V. B. ESG factors in industrial enterprise financial and operational risk management: empirical evidence and prospects for integration into Russian industrial practice 218
Bondarenko M. P. Economic evaluation of the effectiveness of marketing investments in digital promotion channels: cost structure, attribution models and channel differentiation of return 225
Mashentseva G. A., Nesterenko S. A., Savin A. Yu., Sinyukov V. A. Adaptive management of industrial enterprises as a factor of sustainability in unstable conditions 233
Kochetkov E. P. Formation of a methodology for assessing the risk of bankruptcy of industrial organizations: a synthesis of economic and legal approaches 238
Eremin S. G., Babyna I. V. Assessment of the impact of subsidies, tax incentives, and regulatory regimes on fixed capital investment and the reboot of industrial growth 250
Mottaeva A. B. Digital mechanisms of sustainable development of mining enterprises in the regional cluster economy system 259
Suzeva O. V., Kozhina V. O., Izmailova S. A. Integration of digital technologies into the system of sustainable development of the mining industry 266
Patutina N. A., Kudryashov V. S., Ivanova S. P., Dzhendubaeva S. A. Analysis of the main approaches to assessing the marketing potential of creative clusters 274
Kharitonova M. N., Veselova Yu. V., Chekuldova S. V., Dvornikova Yu. V. Modeling of optimal investment dynamics in transport infrastructure 281

PERSONNEL AND STAFF

Masaleva M. V., Balitsky P. S., Tseluiko A. V., Zaitsev O. N., Tyurnikov A. P. Human resources management models of an industrial company focused on the retention and development of key personnel competencies in the context of the transition to hybrid forms of employment and automation of production processes 288
Krovyakov I. V., Balitsky P. S., Tseluiko A. V., Zaitsev O. N., Tyurnikov A. P. Models of interaction of the HR management service with line managers and the project management office for the formation of a personnel reserve and the development of leadership competencies in production 295
Galkin A. I. Development of human capital for new industrialization: alignment of vocational education and skills with enterprise needs and technological trends 302
Makhmutova A. N., Zinnatullina A. N. Standards for business correspondence and negotiations in English as a tool to reduce operational risks and improve the interaction of HR departments with external and internal stakeholders 310
Polevoy S. A. Staffing project-oriented organizations: adapting HR practices in the context of structural transformation of the labor market 316
Polevaya M. V. Transforming HR management strategies in the context of structural talent shortages: a competency-based approach and digital tools 323

SAFETY AND LABOR PROTECTION

Voitenok O. V. Development of technologies to counter threats from unmanned aerial vehicles 330
Ezhova L. A. Information security in the context of expanding digital services 340

DISCUSSION

Panina O. V. Coordination of industrial policy with competition policy, trade policy and science and technology policy to reduce coordination failures and enhance dynamic efficiency 348
Kuchkovskaya N. V. Fiscal stability of regional budgets of the Russian federation as a factor in industrial enterprise development: structural transformation of the revenue base and risks of imbalance in 2022–2025 355
Lazarev M. P. Financial stability of Russian industrial enterprises in the context of tight monetary policy: adaptation mechanisms and credit risks 363
Arutyunyan O. O. Barriers to technology transfer between universities and industry 372
Kuchkovskaya N. V. The transition to progressive personal income taxation in Russia: fiscal effects, impact on inequality and implications for industrial enterprises 378
Ezhova L. A. Architectural principles for designing digital service interfaces 386
Tronin S. A. Transformation of corporate financing mechanisms in the context of external restrictions and tight monetary policy: the Russian experience in 2022–2025 391

ИСПЫТАНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЬ

УДК 62 78+004.9

И. Н. ГЛУХИХ, д-р техн. наук; Т. Ю. ЧЕРНЫШЕВА, Г. Б. БАРСКАЯ, Л. Н. БАКАНОВСКАЯ, кандидаты техн. наук; В. С. БОРОДИН (ТюмГУ, г. Тюмень)
E-mail: vadim_borodin2002@mail.ru.
I. N. Glukhikh, T. Yu. Chernysheva, G. B. Barskaya, L. N. Bakanovskaya, V. S. Borodin (University of Tyumen, Tyumen)

Многоагентная система поддержки принятия решений по вопросам климатических рисков в машиностроении на основе RAG-архитектуры

Multi-agent decision support system for climate risk management in mechanical engineering based on the RAG-architecture

Предложена и реализована архитектура многоагентной системы поддержки принятия решений по вопросам климатических рисков на машиностроительных предприятиях. Разработанное решение выполняет семантический поиск и комплексный анализ разнородных нормативно-технических документов, выявляет потенциальные уязвимости технологического оборудования к изменяющимся климатическим параметрам и генерирует инженерно-обоснованные рекомендации по адаптации.

An architecture for multi-agent decision support system designed for automated climate risk management at mechanical engineering enterprises has been proposed and implemented. The developed solution performs semantic search and comprehensive analysis of diverse regulatory and technical documents, identifies potential vulnerabilities of process equipment to changing climate parameters, and generates engineering-based adaptation recommendations.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений; климатические риски; машиностроительное производство; RAG-архитектура; многоагентная система; большие языковые модели; семантический поиск.

Keywords: decision support system; climate risks; mechanical engineering; RAG architecture; multi-agent system; large language models; semantic search.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Фундаментальные проблемы методики разработки и связанного с ней правового и этического регулирования в сфере применения систем и моделей искусственного интеллекта» (FEWZ-2024-0052).

Современный этап технологического развития промышленности происходит на фоне нарастающих вызовов, связанных с глобальным изменением климата. Повышение частоты и интенсивности экстремальных метеорологических явлений – волн жары, аномальных осадков, перепадов температур – создает прямые операционные риски для устойчивости производственных процессов [1]. Особую уязвимость демонстрирует машиностроительный сектор, где точность, надежность и ресурс дорогостоящего оборудования (прессов, станков, машин) критически зависят от соблюдения строгих параметров микроклимата в производственных цехах. Отклонения температуры и влажности от регламентированных диапазонов приводят к целому каскаду негативных последствий: термическим деформациям узлов, нарушению условий смазки, ускоренной коррозии, сбоям в работе систем гидравлики и автоматики, что в итоге выливается в незапланированные простои, рост затрат на ремонт и снижение качества выпускаемой продукции.

Актуальность систематической оценки и управления климатическими рисками закреплена на нормативном уровне. Приказы Минэкономразвития России обязывают предприятия проводить оценку климати-

ческих рисков и разрабатывать планы адаптационных мероприятий. Однако практическая реализация этих требований сталкивается с серьезными методологическими и организационными сложностями. Основная проблема заключается в необходимости проведения междисциплинарного экспертного анализа огромного массива слабоструктурированной документации. Инженеру требуется вручную изучать и сопоставлять сотни страниц различных документов: строительных норм и правил (СП), регламентирующих климатические нагрузки на здания; государственных стандартов (ГОСТ) по безопасности оборудования; технических паспортов и руководств по эксплуатации конкретных единиц техники; региональных климатических справочников и прогнозов. Процесс является трудоемким и требует высокой квалификации в смежных областях.

В этом контексте перспективным направлением представляется применение технологий искусственного интеллекта, в частности, архитектур на основе больших языковых моделей (*LLM*) [2]. Метод поискового дополнения генерации (*RAG*) позволяет сочетать достоинства *LLM* в понимании и генерации естественного языка с точностью и актуальностью информации, извлеченной из внешних, предметно-ориентированных баз знаний (БЗ) [3, 4]. Однако прямое использование классических *RAG*-конвейеров в критически важных промышленных приложениях ограничено фундаментальной проблемой *LLM* – склонностью к «галлюцинациям», т. е. к генерации убедительно сформулированных, но фактически недостоверных или не подкрепленных источниками данных [5]. В инженерном контексте, где ошибка может привести к материальным потерям или аварии, подобная неопределенность является неприемлемой. Таким образом, возникает научно-практическая задача разработки такой модификации *RAG*-архитектуры, которая бы сохраняла преимущества семантического поиска и генеративных возможностей *LLM*, но при этом гарантировала бы высокий уровень достоверности формируемых выводов и рекомендаций [6].

Цель данной работы – проектирование, программная реализация и концептуальная апробация многоагентной системы поддержки принятия решений, построенной на принципах *RAG*, но дополненной специализированным механизмом автоматической верификации генерируемого контента.

Научная новизна работы заключается в предложении трехуровневой агентной архитектуры, где функции семантического поиска, генерации ответов и их валидации распределены между взаимодействующими модулями, что позволяет эффективно контролировать процесс принятия решений и минимизировать влияние «галлюцинаций» *LLM* на итоговый результат.

Материалы и методы исследования

Основой для разработки архитектуры и процессов функционирования создаваемой системы становится метод *RAG*, который позволяет *LLM* квалифицированно отвечать на узкоспециальные запросы пользователей без дообучения. При обычном взаимодействии пользователя с *LLM* модель получает от него инструкцию с запросом (промпт) и выдает ответ на этот запрос, используя знания, полученные при обучении на больших объемах общедоступных текстов. При реализации *RAG*-модель получает дополнительную внешнюю базу знаний, отвечающую предметной задаче и иным условиям, что позволяет сделать модель специализированным экспертом в данной предметной области.

В БЗ документы хранятся в виде текстовых фрагментов T и их математических векторных представлений – эмбеддингов E_T. Эмбеддинги формируются с помощью специально обученных нейросетевых моделей (эмбеддеров) таким образом, чтобы фрагменты текстов, которые похожи по смыслу, имели схожие по заданной метрике *Sim* вектора. Как правило, в качестве *Sim* используется косинусное сходство векторов. При появлении запроса пользователя он также переводится в векторную форму E_z, после чего в БЗ отбираются фрагменты T^* по критерию $Sim(E_z, E_{T^*}) \rightarrow \max$. Исходный запрос, фрагменты T^* и дополнительные инструкции входят в конечный промпт, который передается в *LLM*. В инструкциях этого пропмта указывается, что *LLM* должна отвечать на запрос, используя T^*. Таким образом, ответ модели будет основываться на тех знаниях, которые отобраны из БЗ *RAG*-системы. Агентом в приложениях с *LLM* считается некоторая программная часть, которая функционирует относительно самостоятельно во взаимодействии с *LLM* с использованием собственных промптов и может иметь свои дополнительные инструменты. Собственные промпты обусловливают поведение и ответы такого *LLM*-агента, а его инструменты обеспечивают функциональные возможности, которые могут выходить за рамки диалога с *LLM* (например, это инструменты математических расчетов, оптимизации, доступа к внешним базам данных и др.).

В данной работе агенты выполняют функции, которые связаны с поиском и отбором фрагментов в БЗ, формированием ответов на запрос (консультирования), а также проверкой ответов модели перед ее выдачей конечному пользователю.

Результаты исследования и их обсуждение

Логическая архитектура

Логическая архитектура системы представлена на рис. 1. Программная реализация выполнена на языке программирования *Python* с использованием фреймворка *LlamaIndex*, который обеспечивает инфраструктуру для построения индексов, оркестрации цепочек вызовов к моделям и управления контекстом. Работа системы инициируется пользовательским запросом на естественном языке.

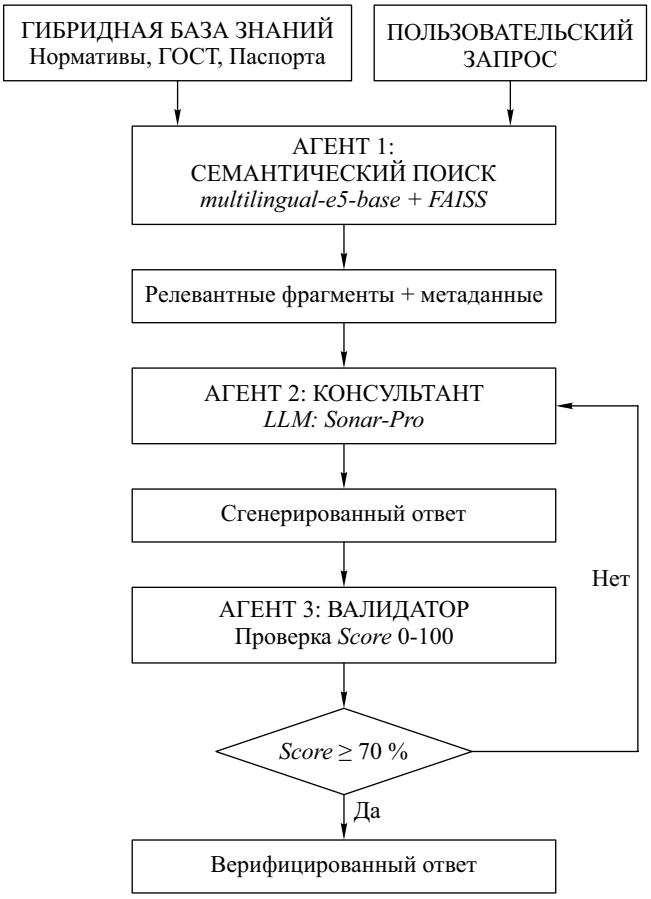


Рис. 1. Логическая архитектура многоагентной *RAG*-системы

Формирование и индексация гибридной базы знаний

В качестве источников знаний для системы сформирован корпус документов, релевантных задаче оценки климатических рисков в машиностроении. В него входят: актуализированные редакции строительных норм, национальные стандарты безопасности труда, выборочные технические паспорта и руководства по эксплуатации для прессового и штамповочного оборудования, климатические справочники. Все документы проходят этап предобработки, включавший очистку от неинформативного форматирования, исправление кодировок, нормализацию текста.

Далее применяется алгоритм семантической сегментации: вместо механического разбиения на чанки фиксированного размера документы разделены на логические единицы в соответствии со структурой и типом контента: «нормативный пункт» (*clause*), «примечание» (*note*), «приложение» (*appendix*), «заголовок раздела» (*header*), «таблица» (*table*). Такая сегментация повышает точность последующего поиска и улучшает интерпретируемость результатов [7].

Для преобразования текстовых фрагментов в числовые эмбеддинги выбрана модель *multilingual-e5-base* [8]. Данный выбор сделан на основании проведенного сравнительного анализа нескольких современных моделей представления текста (включая *ru-en-RoSBERTa* и *BGE-m3*) по двум критериям: средней косинусной близости для набора тестовых инженерных запросов и качеству кластеризации различных типов сегментов в низкоразмерном пространстве (визуализация с помощью *UMAP* представлена на рис. 2). Модель *multilingual-e5-base* демонстрирует наилучшую способность к разделению кластеров, соответствующих разным структурным элементам документа (например, четкое отделение нормативных пунктов от примечаний), что свидетельствует о ее высокой чувствительности к смысловым и функциональным нюансам технических текстов. Полученные векторные представления всех сегментов сохраняются в векторной базе данных с использованием индекса *FAISS*, что обеспечивает высокоскоростной семантический поиск.

Модуль семантического поиска (Агент-извлечения)

Данный агент является первым в цепочке обработки запроса. Его задача – на основе векторных представлений найти в гибридной базе знаний K наиболее релевантные (семантически близкие) текстовые фрагменты к пользовательскому запросу. Запрос также кодируется в эмбеддинг с помощью *multilingual-e5-base*. Поиск осуществляется по индексу *FAISS* с использованием метрики косинусного сходства. На выходе модуль формирует контекст, состоящий из отобранных фрагментов текста, обогащенный их метаданными (тип сегмента, название документа, номер пункта). Этот контекст передается следующему агенту.

Агент-консультант (Генеративный агент)

На данном этапе происходит синтез итогового ответа системы. Агент-консультант получает на вход исходный пользовательский запрос и сформированный агентом-извлечения контекст (набор релевантных фрагментов). Его задача – проанализировать эту информацию и сгенерировать структурированный,

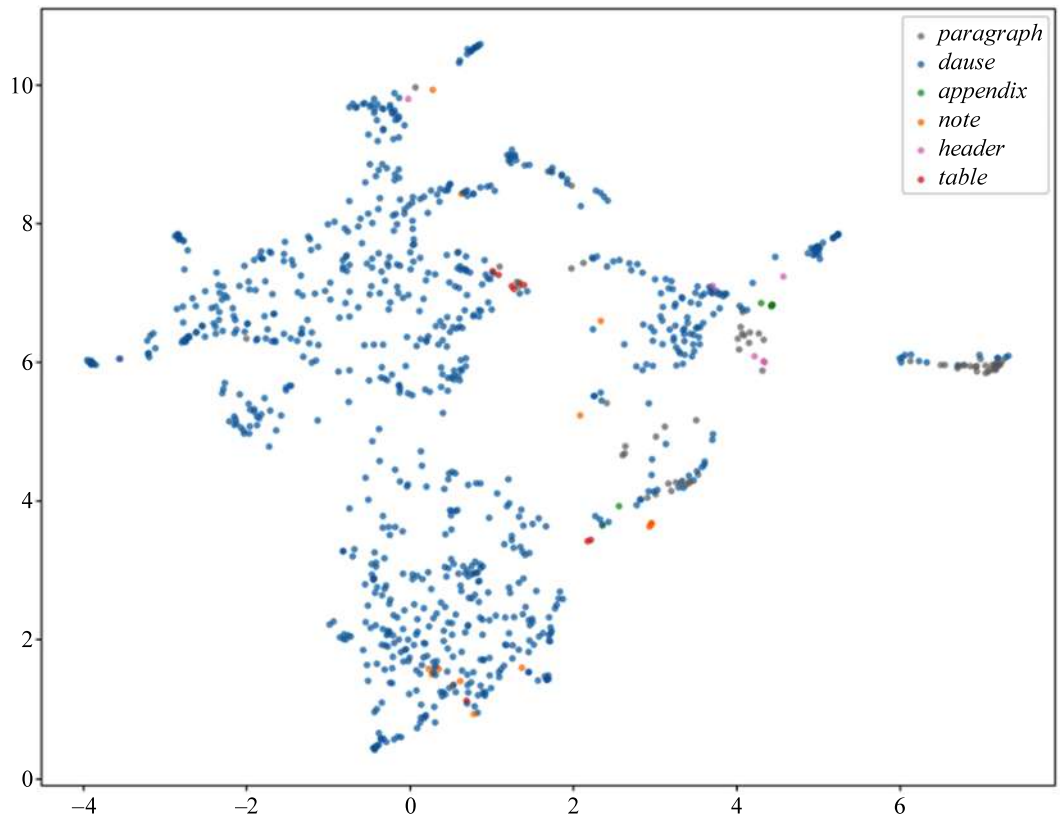


Рис. 2. ***UMAP*-визуализация модели *multilingual-e5-base***

связный ответ. В качестве двигателя генерации используется языковая модель *Sonar-Pro*, доступная через *Perplexity API*. Выбор обусловлен ее расширенным контекстным окном (до 200 тыс. токенов), что позволяет эффективно работать с большим объемом извлеченных документов, и высокими показателями в задачах логического вывода и структурирования ответа.

Агент-валидатор (Агент верификации)

Это ключевой инновационный компонент системы, призванный решить проблему «галлюцинаций». После того как агент-консультант формирует черновой ответ, он вместе с исходным запросом и, что критически важно, с тем же самым набором релевантных фрагментов (контекстом) передается агенту-валидатору. Валидатор, также реализованный на базе языковой модели, выполняет функцию строгого критика. Его промпт-инструкция предписывает провести пословное, пунктуальное сравнение сгенерированного ответа с предоставленными источниками. Валидатор проверяет:

- наличие в ответе прямых цитат или однозначных отсылок к конкретным пунктам нормативов;
- точное соответствие всех числовых значений (температур, допусков, параметров) данным из исходных документов;
- отсутствие утверждений, которые не вытекают из контекста или являются домыслами модели (вымышленные стандарты, несуществующие технические характеристики).

В результате работы агент-валидатор производит аннотированную версию ответа: подтвержденные утверждения остаются без изменений, неподтвержденные либо удаляются, либо снабжаются пометкой «требует дополнительной экспертной проверки», а выявленные фактические ошибки исправляются [9]. Итоговый, верифицированный ответ возвращается пользователю.

Экспериментальная проверка

Для оценки работоспособности и эффективности предложенной архитектуры проведен эксперимент с использованием реализованного прототипа системы. Тестирование выполняется на корпусе текстов, включающем 47 нормативно-технических документов, которые после индексации представлены в виде 1256 семантических узлов. Системе задан ряд типовых инженерных запросов. Модуль индексации и поиска, основанный на модели *multilingual-e5-base*, демонстрирует высокую релевантность извлекаемых фрагментов (см. рис. 3).

Для 10 тестовых запросов средняя косинусная близость между запросом и топ-5 найденными узлами

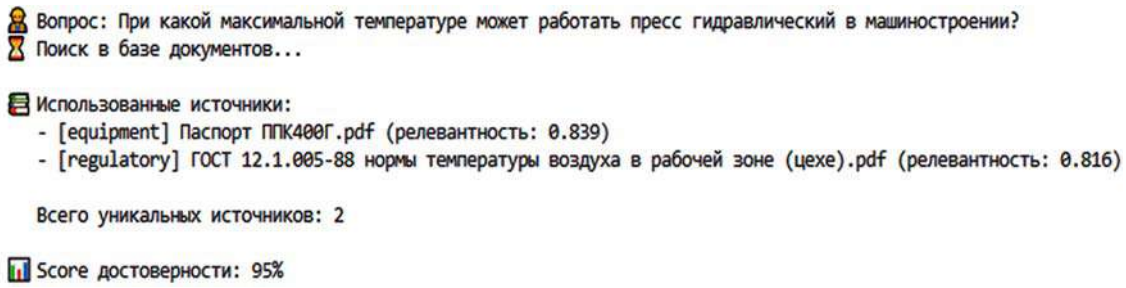


Рис. 3. Пример поиска по базе документов с релевантностью источников

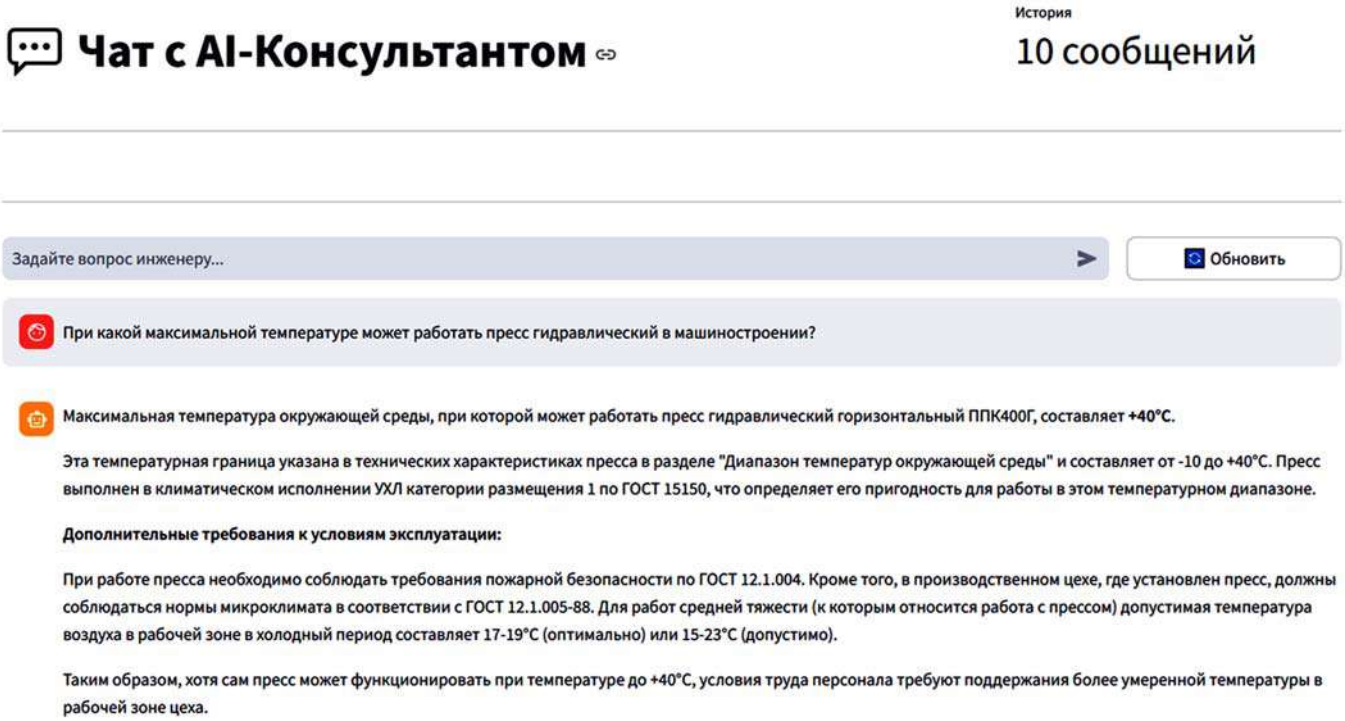


Рис. 4. Визуализация чата с *AI*-Консультантом

составляет 0,82, что подтверждает адекватность выбора модели эмбеддингов для данной предметной области. Визуализация чата с *AI*-консультантом представлена на рис. 4.

Ключевой тест направлен на проверку работы связки «генерация-верификация». Агент-консультант успешно синтезирует комплексные ответы, объединяющие данные из разных источников. Однако в сгенерированных ответах периодически возникают типичные для *LLM* неточности: обобщения без прямых цитат или предположения о несуществующих нормах. Агент-валидатор эффективно идентифицирует такие случаи. Механизм валидации, основанный на оценке по шкале от 0 до 100 баллов (*Score*), показывает свою работоспособность. В экспериментах 35 % первоначальных ответов получают оценку ниже 60 баллов (порог срабатывания), что инициирует цикл повторной генерации. После второй попытки и повторной валидации средний итоговый *Score* по всем ответам составляет 82 балла. Это означает, что система самостоятельно корректирует 82 % контента, приближая его к идеальному соответствию источникам. Предложенная трехуровневая агентная модель доказывает свою состоятельность. Время формирования полного верифицированного ответа на сложный запрос составляет в среднем 12–18 с, что на порядок быстрее ручного поиска экспертом. Система не только автоматизирует извлечение информации, но и, благодаря агенту-валидатору, обеспечивает уровень контролируемой достоверности, приемлемый для предварительного анализа и подготовки решений. Наличие цикла самокоррекции повышает итоговое качество ответов на 25–30 % по субъективной экспертной оценке.

Выводы. 1. Предложенная архитектура прототипа многоагентной системы поддержки принятия решений по вопросам климатических рисков в машиностроении основана на принципах *RAG*, но суще-

ственно модифицирована за счет введения трехуровневой агентной модели, что позволяет эффективно распределить функции между специализированными модулями: семантического поиска, генерации ответов и, что наиболее важно, их автоматической верификации.

2. Таким образом, проведенная работа доказывает, что модифицированные многоагентные *RAG*-архитектуры с интегрированными механизмами верификации и самокоррекции представляют собой перспективное направление для создания надежных интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сложных, регламентированных предметных областях, таких как промышленная безопасность и адаптация к климатическим рискам. Полученные результаты создают основу для дальнейшего развития системы, включая расширение базы знаний, тонкую настройку моделей на отраслевых корпусах текста, проведение масштабной валидации на реальных производственных данных и интеграцию с корпоративными информационными системами предприятия.

Список литературы

1. *Бондарь Е. Г., Пешкова Г. Ю.* Климатические риски в системе управления рисками промышленного предприятия // Финансовый менеджмент. 2024. № 4. С. 31–39.

2. *Данилин М. Д., Шестопалова Д. А.* Использование больших языковых моделей в системах поддержки принятия решений // Студенческий электронный журнал Стриж. 2023. № 6 (53). С. 66–70.

3. *Оганесян С. А.* Применение искусственного интеллекта в компьютерной лингвистике и обработке естественного языка // Вестник науки. 2023. Т. 3. № 7 (76). Ст. № 34.

4. *Галлюцинации* в языковых моделях: виды, причины и способы уменьшения // Хабр. URL: https://habr.com/ru/companies/simbirsoft/articles/895012/?ysclid=mke8po1e8046008088.

5. *Науменко А. О.* Технология RAG (Retrieval-Augmented Generation) как инновационный подход в LLM // Вестник науки. 2025. Т. 5. № 8 (89). С. 280–288.

6. *Шабля В. О., Коноваленко С. А., Орлов Е. О., Галямин Н. А.* Методы семантического анализа на основе моделей машинного обучения с использованием искусственных нейронных сетей // Наука и реальность. 2025. № 1 (21). С. 113–122.

7. *Гусейнов А. Г., Салимова М. Р.* Агентно-ориентированный подход к проектированию гибких производственных систем // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2022. № 4. С. 35–41.

8. *Chernysheva T. Y.* et al. Quantifying the quality of responses generated by augmented large language models // Proc. SPIE 13651. 2025. Pp. 117–122.

9. *Троян Н. А., Петровская О. В.* Принцип достоверности при распространении и предоставлении информации с использованием искусственного интеллекта // Правовая информатика. 2023. № 2. С. 75–81.

References

1. Bondar E. G., Peshkova G. Yu. Climate risks in the risk management system of an industrial enterprise. *Financial management*, 2024, no. 4, pp. 31–39.

2. Danilin M. D., Shestopalova D. A. Use of large language models in decision support systems. *Student electronic journal Strizh*, 2023, no. 6 (53), pp. 66–70.

3. Oganesyan S. A. Application of Artificial Intelligence in Computational Linguistics and Natural Language Processing. *Science Bulletin,* 2023, vol. 3, no. 7 (76), no. 34.

4. Hallucinations in Language Models: Types, Causes, and Methods of Reduction. *Habr*, available at: https://habr.com/ru/companies/simbirsoft/articles/895012/?ysclid=mke8po1e8046008088.

5. Naumenko A. O. RAG (Retrieval-Augmented Generation) Technology as an Innovative Approach in LLM. *Science Bulletin*, 2025, vol. 5, no. 8 (89), pp. 280–288.

6. Shablya V. O., Konovalenko S. A., Orlov E. O., Galyamin N. A. Methods of Semantic Analysis Based on Machine Learning Models Using Artificial Neural Networks. *Science and Reality*, 2025, no. 1 (21), pp. 113–122.

7. Guseinov A. G., Salimova M. R. Agent-Based Approach to Designing Flexible Manufacturing Systems. *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Engineering, and Informatics*, 2022, no. 4, pp. 35–41.

8. Chernysheva T. Y. et al. Quantifying the quality of responses generated by augmented large language models. *Proc. SPIE 13651*, 2025, pp. 117–122.

9. Troyan N. A., Petrovskaya, O. V. The principle of reliability in the dissemination and provision of information using artificial intelligence. *Pravovaia Informatika*, 2023, no. 2. pp. 75–81.

УДК 621.396

Ю. Г. ПАСТЕРНАК, Д. К. ПРОСКУРИН, доктора техн. наук; С. М. ФЁДОРОВ, канд. техн. наук; Е. А. ИЩЕНКО, аспирант (ВГТУ, г. Воронеж)
E-mail: kursk1998@yandex.ru
Yu. G. Pasternak, D. K. Proskurin, S. M. Fedorov, E. A. Ishchenko (Voronezh State Technical University, Voronezh)

Синфазная антенная решетка из усеченных параболических антенн

In-phase antenna array of truncated parabolic antennas

Приводится синфазная антенная решетка из усеченных параболических антенн. Для частоты 12,5 ГГц КНД (коэффициент направленного действия) системы равен 32,85 дБи. Основной лепесток диаграммы направленности системы формируется с шириной, равной 3,3°. Уровень боковых лепестков (УБЛ) антенной системы равен –13,8 дБ. Указываются материалы, из которых изготавливается антенная система. Рассматривается возможность изготовления отражательной решетки обработкой давлением. Разработка является довольно бюджетным решением, обладающим достойными характеристиками, хорошими показателями технологичности и невысокой стоимостью.

This article presents a co-phased antenna array consisting of truncated parabolic antennas. For a frequency of 12,5 GHz, the directivity of the system is 32,85 dBi. The main lobe of the system's radiation pattern is formed with a width of 3,3°. The side lobe level (SLL) of the antenna system is –13,8 dB. The materials from which the antenna system is manufactured are specified and the possibility of manufacturing a reflective array using pressure treatment is considered. The development is a relatively low-cost solution with decent characteristics, good manufacturability and a low cost.

Ключевые слова: параболическая антенна; синфазная решетка; управление поляризацией; спутниковая связь.

Keywords: parabolic antenna; in-phase array; polarization control; satellite communications.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZGM-2025-0004).

Спутниковая связь в настоящее время применяется повсеместно: телевидение и интернет в удаленных районах, навигация (*GPS*, ГЛОНАСС), связь для авиации и мореходства, связь для экстренных служб (поисково-спасательные операции, МЧС) и т. д. Обобщая, спутниковая связь применяется везде, где важна надежность, глобальный охват и нет возможности пользоваться другими видами связи. Спутниковая связь – это довольно важный и актуальный вид связи. Ее характерная черта – использование довольно высоких рабочих частот.

Терминалы спутниковой связи и антенны для них имеют множество возможных реализаций. Классически в спутниковой связи применяются зеркальные параболические антенны (со смещением и без), фазированные антенные решетки и активные фазированные антенные решетки, разнообразные линзы и т. д.

В данной работе предложена синфазная антенная решетка из усеченных параболических антенн.

Фазированные антенные решетки (ФАР) и активные фазированные антенные решетки (АФАР) стоят особняком в контексте их применения в спутниковой связи, так как они обычно обладают очень хорошими характеристиками, но при этом они имеют большую стоимость, технологически сложны в изготовлении и обслуживании, требуют использования фазовращателей и также вычислительных мощностей для фазовращателей. Такие решения использования ФАР и АФАР в различных приложениях могут являться нецелесообразно дорогими.

Для реализации бюджетных систем спутниковой связи классически применяются отражательные антенны (например, параболические антенны) или же разнообразные решения, в основе которых лежит использование преломляющих линз.

Зеркальные антенные решетки превосходят линзовые по ряду параметров: они имеют меньший вес, проще и дешевле в производстве и обслуживании, а также имеют более высокий уровень параметра тех-

нологичности. В высокомобильных системах зеркальные антенны часто требуют радиопрозрачных укрытий, выполняющих защитную и аэродинамическую функции (являются обтекателем). Однако эти укрытия увеличивают общий вес и габариты антенны. Альтернативой являются купольные линзовые антенны, где сама преломляющая волны линза служит защитным укрытием для находящейся снизу нее решетки. Линза фокусирует и перенаправляет волны, и единовременно защищает антенну от повреждений. Тем не менее, производство таких линзовых систем обходится дороже, имеет меньший уровень параметра технологичности и приводит к увеличению веса конструкции по сравнению с применением зеркальных антенных решеток.

Вариация применения линзы в виде купола на подвижных объектах показана в работе [1]. В качестве преломляющих поверхностей часто используются параболоиды, сферы и иные тела вращения. По данным из вышеуказанной работы, тороидальная линза обеспечивает усиление сигнала в диапазоне 17–17,5 дБ при диэлектрической проницаемости материала $\varepsilon = 2{,}3$ и около 19 дБ при диэлектрической проницаемости материала $\varepsilon = 2{,}6$. Оптимизация параметра диэлектрической проницаемости позволяет достичь усиления до 21 дБ.

При низком параметре диэлектрической проницаемости сложно добиться широкого угла сканирования излучающей решетки (до полусферы). С другой стороны, слишком высокая диэлектрическая проницаемость приводит к значительным переотражениям, требующим специальных мер для их устранения. Еще одним минусом линз в виде купола является снижение усиления при расширении углов сканирования луча диаграммы направленности. В частности, вблизи зенита (перпендикулярно излучающей решетки) коэффициент усиления может падать на 10–15 дБ и выше. Для уменьшения этого спада, а также снижения массы, линза в виде купола делается усеченной. В купольной линзовой антенне с усеченной диэлектрической линзой при излучении вблизи зенита усиление практически не снижается. Это обусловлено удаленностью вершины линзы, отсутствием рассеяния луча в заданном направлении, а также минимизацией тепловых потерь и отражений от диэлектрика.

В дополнение к вышесказанному, изготовление линзовых систем обходится значительно дороже и требует больше технологических усилий по сравнению с зеркальными антеннами. Кроме того, линзовые системы, как правило, тяжелее зеркальных. Отражательные решетки проще и дешевле в изготовлении, это является их крупным преимуществом.

Чтобы сделать высокоскоростную спутниковую связь мобильного базирования открытой и доступной широкому кругу пользователей, необходимо продвижение недорогих и простых антенн. Вместо сложных и дорогостоящих решений, таких как ФАР и АФАР, в контексте доступности спутниковой связи актуален поиск более экономичных альтернатив. В данном аспекте зеркальные антенные решетки выгодно отличаются от линзовых: зачастую они имеют меньшую массу, более бюджетны в производстве и проще в технологическом плане. Но все же стоит отметить, что применение линзовых систем в приложениях спутниковой связи все равно будет более бюджетным решением, чем использование АФАР и ФАР.

В статье [2] приводится информация о том, что в качестве установки на подвижные мобильные высокоскоростные терминалы ввиду наличия отличных аэродинамических характеристик хорошо подходят системы со сферической конструкцией – например, антенны на основе линзы Люнеберга с градиентом коэффициента преломления. Этим наличием более хороших аэродинамических характеристик и обосновывается более частое применение сферических антенных структур в военных самолетах и других быстроходных средствах перемещения (главным образом специального назначения). Зеркальная антенна имеет более неудовлетворительные аэродинамические характеристики, в отличие от сферической линзы, потому при применении ее в мобильных терминалах и требуется обязательное использование радиопрозрачного обтекателя, наличие которого несколько повышает стоимость использования зеркальной системы. Но при этом изготовление сферической Линзы Люнеберга с градиентом коэффициента преломления является самим по себе довольно дорогостоящим процессом. Такая ситуация позволяет рассмотреть вопрос выбора антенн для приложений спутниковой связи с нескольких сторон и сделать вывод о том, что пользователю или разработчику нужно будет делать решение о целесообразности использования каждого вида антенн в каждом отдельно рассматриваемом случае. В каких-то случаях экономия средств будет невозможна, будет требоваться наличие антенны с максимально доступными наилучшими параметрами. В иных случаях будет иметься возможность использовать значительно более дешевые антенные системы с несколько худшими параметрами, чем дорогостоящие решения с излишне хорошими характеристиками. Потому довольно важным аспектом является разработка не только дорогих антенн для приложений спутниковой связи, но и разработка антенн бюджетного сегмента.

В работе [3] рассматривается электронно-сканируемая зеркальная антенна с планарным активным облучателем в *Ka*-диапазоне, представлена процедура проектирования системы, а также характеристики зеркальной антенны с решетчатым облучателем. Для достижения оптимальных характеристик как рефлектор, так и облучатель специально разработаны для требуемой области применения, т. е. мобильной спутниковой связи в *Ka*-диапазоне. Рассчитанная направленность в 38 изотропных дБ близка к ожидаемому значению в 39 изотропных дБ для сферического отражателя. В данной конструкции используется довольно сложный в изготовлении и более дорогостоящий облучатель, чем облучатель в виде простейшей конструкции, например, в виде рупора. Но, в целом, конструкция имеет довольно хорошие рабочие характеристики и показывает эффективность использования зеркальных конструкций в контексте их применения на мобильных терминалах связи.

Далее рассматривается разработанная синфазная антенная решетка из усеченных параболических антенн. Она реализована на основе сегментов зеркальной параболической антенны. Зеркальные антенны – это такие антенны, у которых электромагнитное поле в раскрыве определяется в следствии отражения волн от металлической отражающей поверхности определенного рефлектора (зеркала). Источником ЭМ волны часто является какая-либо простая антенна, которую называют в таком случае облучателем. Зеркало и непосредственно облучатель – это главные составляющие зеркальной антенны. [4]. Зеркальные параболические антенны – это повсеместно используемые остронаправленные антенны. Их частое применение в разных областях связи можно пояснить простотой их конструкции, возможностью формирования различных диаграмм направленности, большим уровнем коэффициента полезного действия, низкой шумовой температурой и достойными диапазонными характеристиками [5]. Внешний вид разработанной антенной системы на основе усеченных параболических антенн представлен на рис. 1.

Из рис. 1 возможно рассмотреть составные части синфазной антенной решетки из усеченных параболических антенн. Основные элементы – это четырехсегментная решетка, рупоры, волноводы (цилиндрические и прямоугольные).

Основное назначение синфазной антенной решетки из усеченных параболических антенн – обеспечение высокоскоростной спутниковой связи для мобильных платформ. Антенна, монтируемая на крыше транспортных средств, должна быть интегрирована под радиопрозрачный обтекатель. Требования к конструкции – низкий профиль и значительная горизонтальная протяженность – обусловлены необходимостью получения высокого усиления при размещении на движущемся объекте.

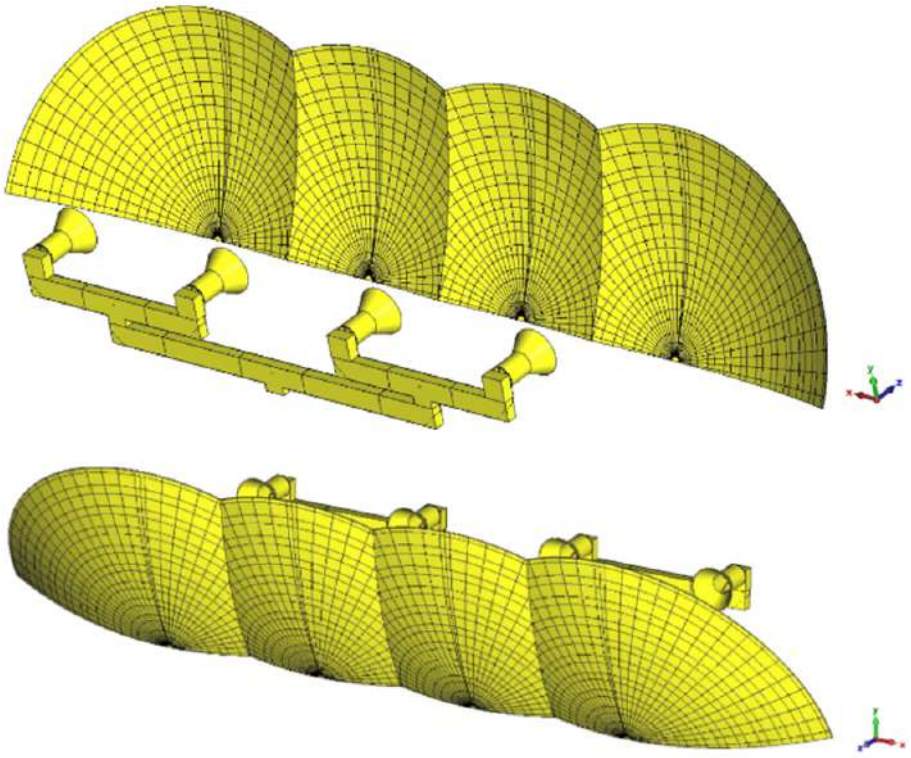


Рис. 1. Антенная система на основе усеченных параболических антенн

В антенной системе с синфазной антенной решеткой из усеченных параболических антенн используются механические элементы, выступающие в роли поляризаторов.

Двигатель обеспечивает синхронный поворот рупоров с круглыми волноводами, что приводит к повороту линейной поляризации. Помимо этого могут применяться и другие типы поляризаторов, например, на основе *p-i-n* диодов или ферритовые.

Ключевое преимущество конструкции – реализация антенной решетки с большим электрическим периодом. Примечательно, что даже при значительном превышении расстояния между элементами относительно длины волны, УБЛ остается выше –13,2 дБ. Это сопоставимо с показателями синфазного и равноамплитудного раскрыва, что обусловлено особенностью облучения параболических частей около их краев двумя источниками и позволяет сгладить неровности ДН.

В качестве облучателей синфазной антенной решетки из усеченных параболических антенн применяются рупорные структуры, которые имеют возможность поворота для осуществления поворота поляризации. Рупор и его внутренняя структура показаны на рис. 2.

Из рис. 2 внутри конструкции рупора можно увидеть структуру Вивальди. Возбуждение осуществляется штырем, который располагается в волноводе.

На рис. 3 более подробно показан штырь, который располагается в волноводе.

Система, облучающая синфазную антенную решетку из усеченных параболических антенн, изготавливается из металла (меди). Конкретнее, из меди изготавливаются рупоры, цилиндрические и прямоугольные волноводы, а четырехсегментная решетка – из листового алюминия. Металлические листы возможно изготавливать под давлением методом прокатки металла. Для металлических параболических антенн обычно применяется процесс штамповки или выдавливания из листового металла. Как возможный вариант изготовления, для четырехсегментной решетки сначала изготавливается алюминиевый лист путем прокатки металла под давлением. Далее листу алюминия придается требуемая форма в прессформе. Лист подвергается формовке в специальном штампе для получения необходимой параболической изогнутой формы конструкции.

Проводится электродинамическое моделирование разработанной антенной системы в программе *CST Microwaves Studio*. ДН для частот 10,7 и 12, 5 ГГц и их проекции показаны на рис. 4.

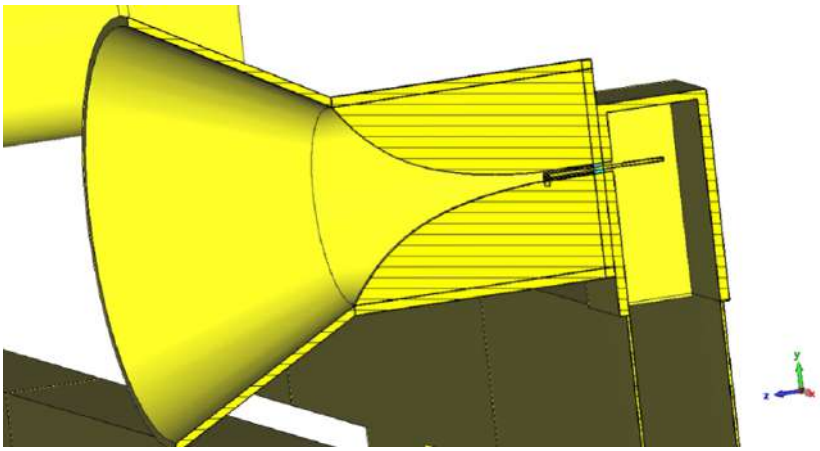


Рис. 2. Рупор и его внутренняя структура

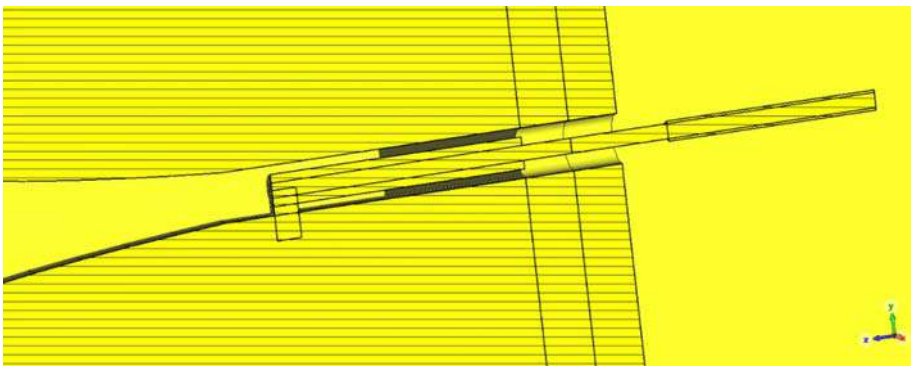
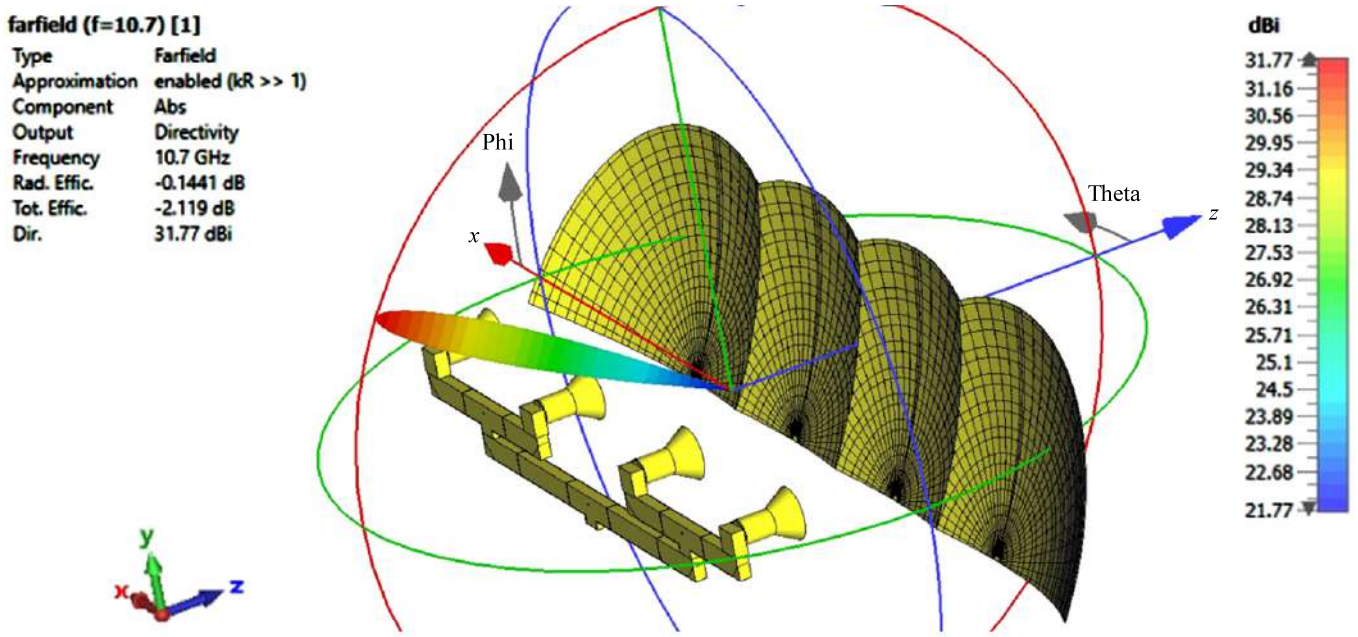
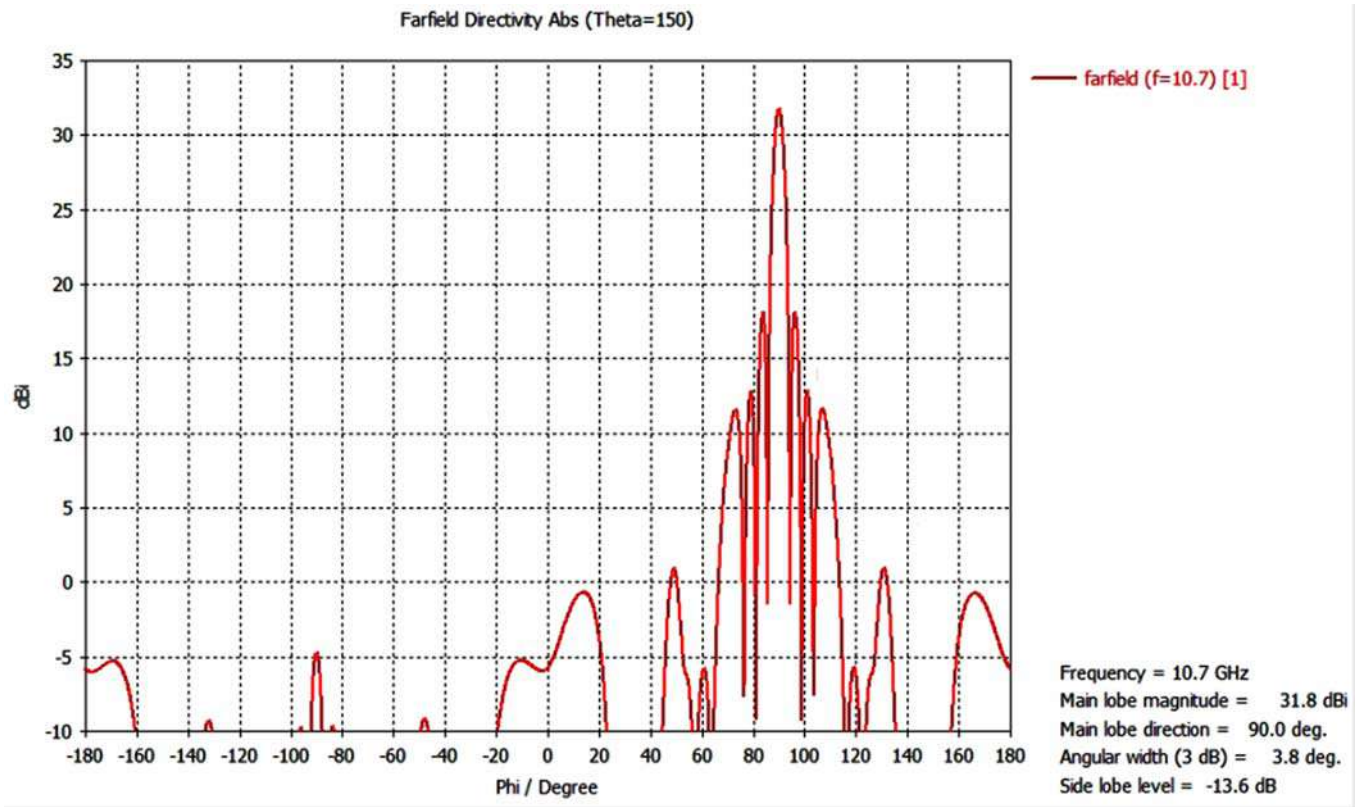


Рис. 3. Возбуждающий штырь

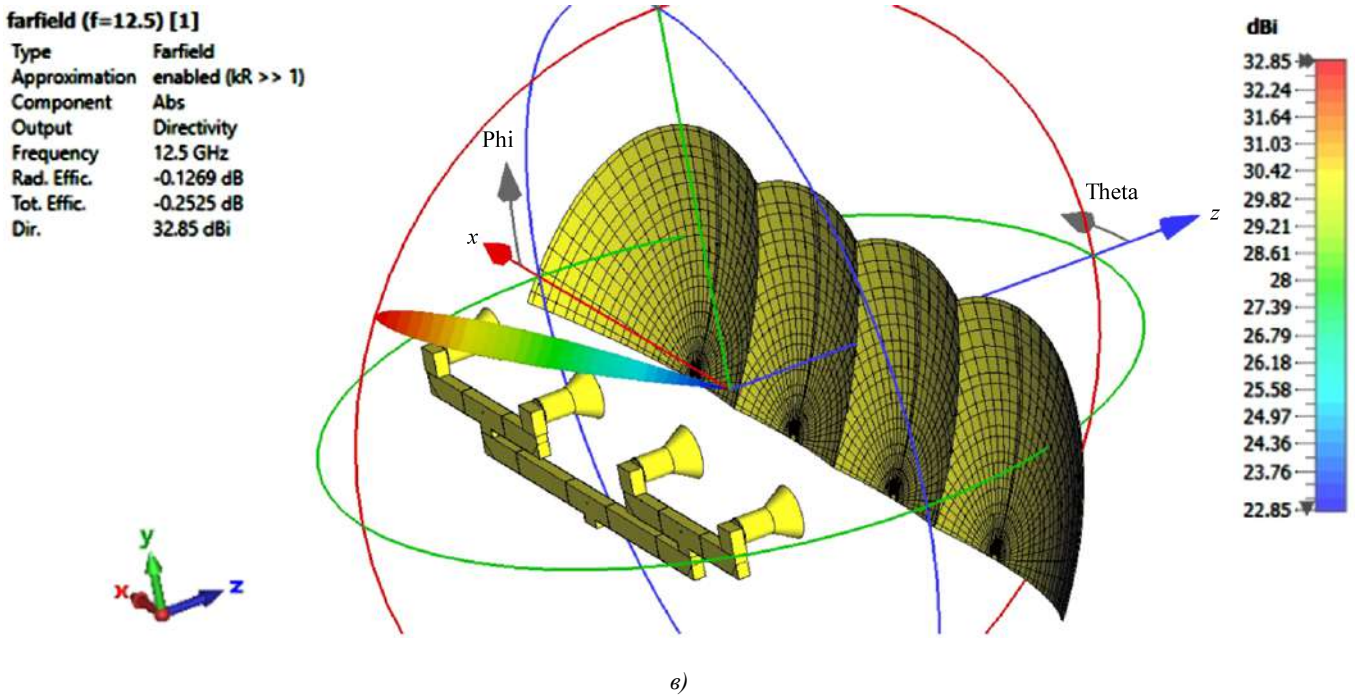


а)

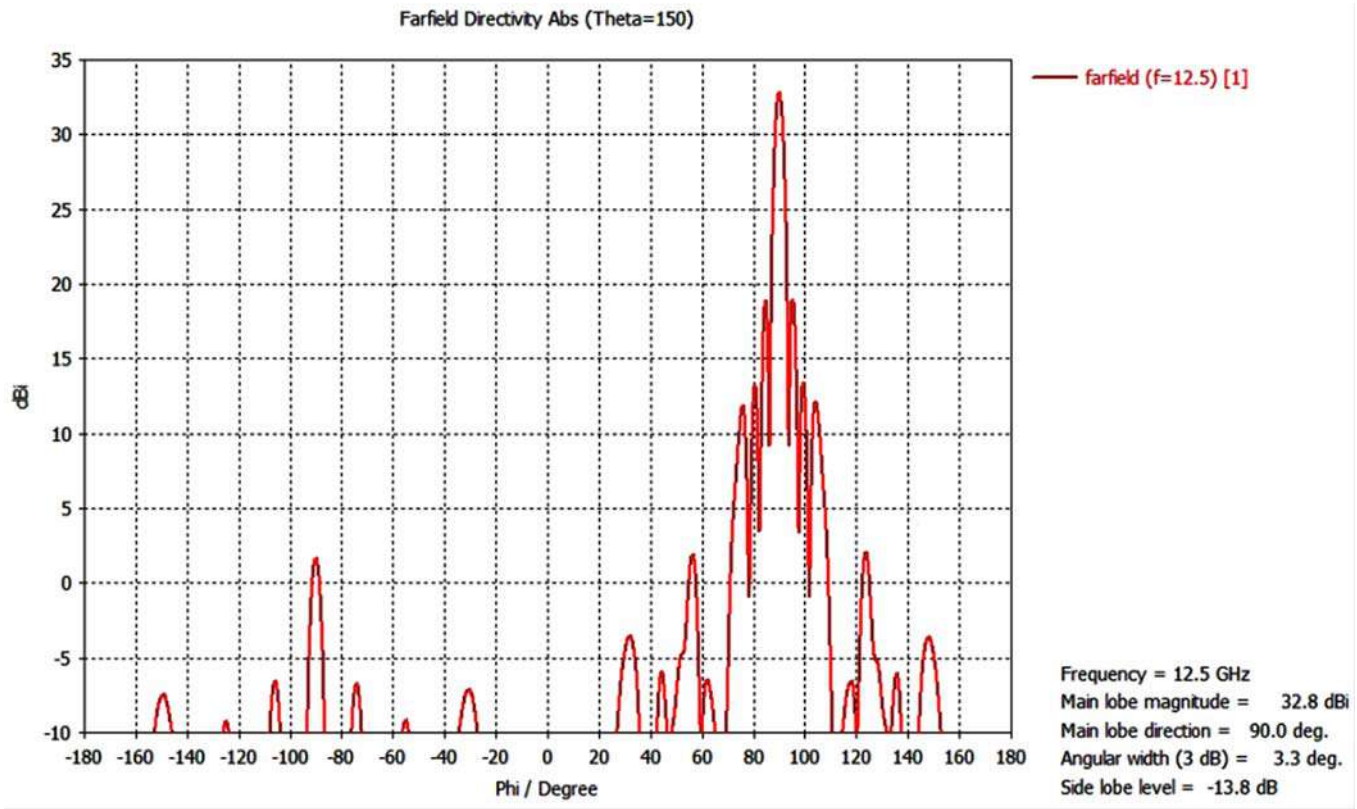


б)

Рис. 4. (*Начало*) ДН для частот 10,7 ГГц (*а*, *б*)



в)

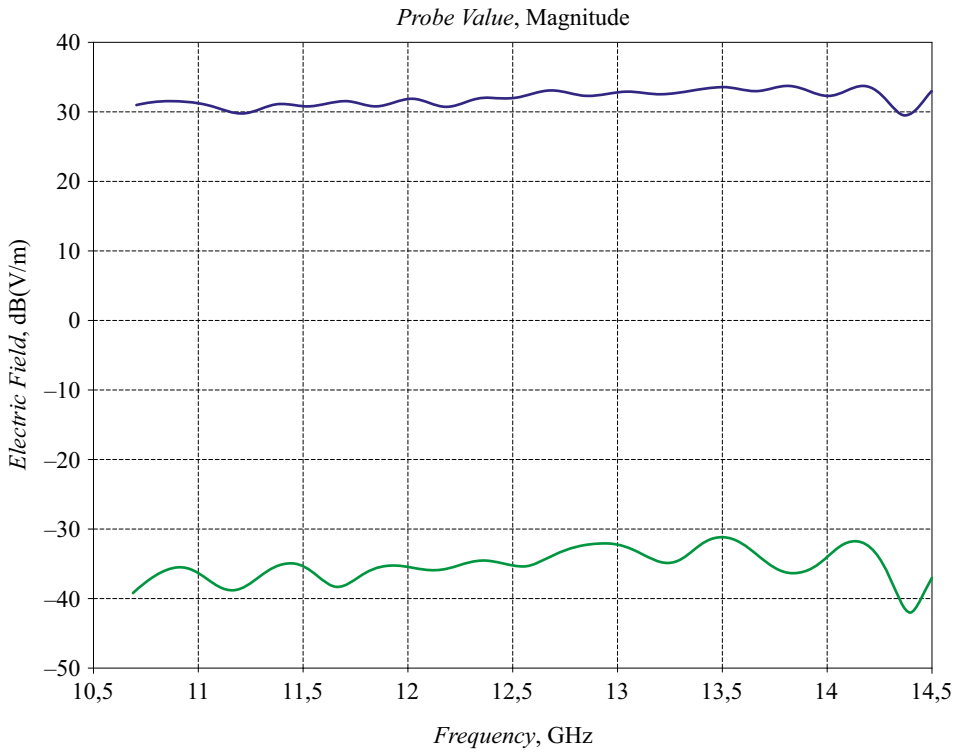


г)

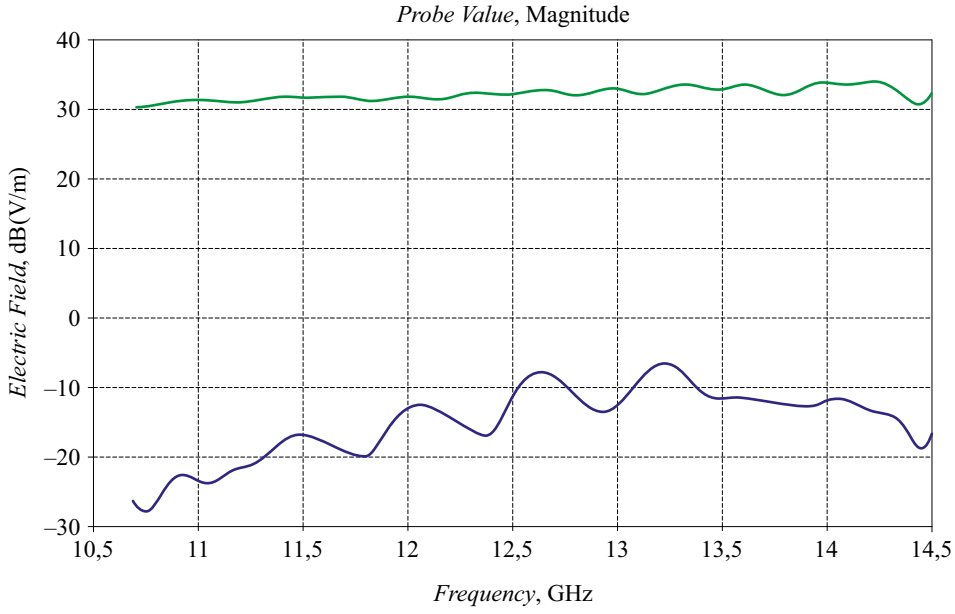
Рис. 4. (*Окончание*) ДН для частот 12,5 ГГц (*в*, *г*)

Из результатов проведенного электродинамического моделирования ДН на рис. 4, *а*, *б* наблюдается, что для частоты 10,7 ГГц КНД составляет 31,77 дБи. Ширина основного лепестка диаграммы направленности по уровню 3дБ равна 3,8°. УБЛ равен –13,6 дБ. Для частоты 12,5 ГГц КНД составляет 32,85 дБи. Ширина основного лепестка диаграммы направленности по уровню 3дБ равна 3,3°. УБЛ при этом равен –13,8 дБ.

На рис. 5 расположены графики кросс-поляризационных развязок при основных вертикальной и горизонтальной поляризациях.



а)



б)

Рис. 5. Кросс-поляризационные развязки при основных вертикальной (*а*) и горизонтальной (*б*) поляризациях, дБ

Выводы. 1. Предложена разработанная синфазная антенная решетка из усеченных параболических антенн. Для частоты 12,5 ГГц КНД (коэффициент направленного действия) системы равен 32,85 дБи. Основной лепесток диаграммы направленности системы формируется с шириной, равной 3,3°. УБЛ антенной системы равен –13,8 дБ.

2. Указываются материалы, из которых изготавливается антенная система. Рассматривается возможность изготовления четырехсегментной отражательной решетки обработкой давлением.

3. Предложенная конструкция обладает особенностью, являющейся ее преимуществом. Конструкция имеет возможность вращения используемых рупоров, что позволяет осуществлять поворот поляризации.

4. Разработка является довольно бюджетным решением, обладающим достойными характеристи-

ками, хорошими показателями технологичности и невысокой стоимостью.

5. Проведение электродинамического моделирования показывает отличные направленные свойства разработанной системы.

Список литературы

1. *Захаров Е. В., Ильинский А. С., Медведев Ю. В.* и др. Гибридные диэлектрические линзовые антенны средств связи сантиметрового и миллиметрового диапазонов. Обзор // Журнал радиоэлектроники. 2020. № 2.

2. *Сабуров Д. М., Кусайкин Д. В., Денисов Д. В.* О линзовых многолучевых антеннах Люнеберга миллиметрового диапазона для систем MIMO 5G // Инновационные аспекты развития науки и техники. 2021. № 10.

3. *Rohrdantz B., Jaschke T., Reuschel T.* et al. Electronically Scannable Reflector Antenna Using a Planar Active Array Feed at Ka-Band // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 2017. Vol. 65. № 5. Pp. 1650–1661.

4. *Анисимов А. Г., Трусов В. А., Тюрин С. А.* и др. Обзор зеркальных параболических антенн // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2017. Т. 1.

5. *Чистюхин В. В.* Антенно-фидерные устройства. М.: МИЭТ. 2010. 116 с.

References

1. Zakharov E. V., Ilyinsky A. S., Medvedev Yu. V. et al. Hybrid dielectric lens antennas for centimeter- and millimeter-wave communication equipment. Review. *Journal of Radio Electronics*, 2020, no. 2.

2. Saburov D. M., Kusaikin D. V., Denisov D. V. On millimeter-wave Luneberg lens multibeam antennas for 5G MIMO systems. *Innovative aspects of science and technology development*, 2021, no. 10.

3. Rohrdantz B., Jaschke T., Reuschel T. et al. An Electronically Scannable Reflector Antenna Using a Planar Active Array Feed at Ka-Band. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 2017, vol. 65, no. 5, pp. 1650–1661.

4. Anisimov A. G., Trusov V. A., Tyurin S. A. et al. Review of Reflector Parabolic Antennas. *Proceedings of the International Symposium «Reliability and Quality»*, 2017, vol. 1.

5. Chistyukhin V. V. *Antenno-fidernye ustrojstva* [Antenna-feeder devices]. Moscow, MIET, 2010, 116 p.

УДК 621.436

Р. Р. БАСЫРОВ, канд. техн. наук; Г. Р. НУГУМАНОВ (Набережночелнинский институт (филиал) КФУ, г. Набережные Челны); Г. А. ГАРЕЕВА, канд. пед. наук (Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ (Набережночелнинский филиал), г. Набережные Челны); А. Ф. ЗИЯТДИНОВ, канд. экономич. наук (Университет управления «ТИСБИ» (Набережночелнинский филиал), г. Набережные Челны); Д. А. ГРИГОРЬЕВА (Казанский государственный энергетический университет, г. Казань)

E-mail: gagareeva1977@mail.ru

R. R. Basyrov, G. R. Nugumanov (Kazan Federal University – Naberezhnye Chelny Institute, Naberezhnye Chelny); G. A. Gareeva (KNRTU-KAI's Branch in Naberezhnye Chelny, Naberezhnye Chelny); A. F. Ziyatdinov (University of Management «TISBI» (Naberezhnye Chelny branch), Naberezhnye Chelny); D. A. Grigorieva (Kazan State Power Engineering University, Kazan)

Технология уменьшения тепловой нагрузки элементов автомобильных двигателей

Technology for reducing thermal load on automotive engine components

Статья посвящена повышению эффективности охлаждения поршня автомобильного двигателя путем регулировки и изменения конструкции масляной форсунки. Приведены обоснования необходимости поддержания оптимальной температуры поршня для долговечности и производительности двигателя в целом. Проанализирован проточный тракт форсунки и предложены изменения его конструкции для достижения максимально близкого к осесимметричной форме профиля скорости в выходном сечении форсунки. По результатам численного моделирования доработан проточный тракт форсунки для обеспечения осесимметричной струи в выходном сечении.

This article focuses on improving the cooling efficiency of automotive engine pistons by adjusting and modifying the design of the oil injector. The need to maintain optimal piston temperature for overall engine durability and performance is substantiated. The injector flow path was analyzed, and design modifications were proposed to achieve a velocity profile at the injector outlet that is

as close as possible to an axisymmetric shape. Based on the results of numerical simulations, the injector flow path was modified to ensure an axisymmetric jet at the outlet.

Ключевые слова: система охлаждения; поршень; двигатель; масляная форсунка.

Keywords: cooling system; piston; engine; oil injector.

В настоящее время дизель является таким двигателем, который преобразует химическую энергию топлива в механическую работу с наиболее высоким КПД в широком диапазоне изменения мощности. Сравнительно невысокая стоимость изготовления, компактность и малая масса двигателей внутреннего сгорания позволяют широко применять их в силовых установках.

Цель данной работы – обеспечение работоспособности цилиндропоршневой группы двигателя при повышении мощности свыше 1000 л. с. путем сокращения потерь масла, попадающего в масляную галерею поршня, улучшения теплоотвода от поршня и сопряженных с ним элементов конструкции, предотвращающих перегрев указанных компонентов.

Форсунка охлаждения поршня – устройство, предназначенное для подачи масла в масляную галерею поршня двигателя внутреннего сгорания. Основная функция форсунки заключается в снижении и поддержании оптимальной температуры поршня, что влияет на его долговечность и производительность двигателя в целом [1].

Для повышения интенсивности съема теплоты камеры сгорания выполняют масляную галерею в поршне, что позволяет подводить поток охлаждающего масла с помощью форсунки к наиболее нагретым участкам. Форсунка охлаждения поршня подключена к масляной магистрали (см. рис. 1).

В серийной форсунке охлаждения поршня на двигателях недостатком является то, что требуемого расхода (8–9 л/мин) струи через мишень не достигает и 90 % (фактический расход через мишень 60 %).

Исходя из геометрии проточного тракта форсунки охлаждения поршня, а именно наличие поворотных колен и сужений при недостаточной длине выходного прямолинейного участка, профиль скорости в выходном сечении ожидаемо должен иметь асимметричную структуру. Осевая асимметрия является одним из основных факторов потери устойчивости струй с труднопрогнозируемым результирующим воздействием [1].

Главной причиной возникновения потерь является процесс разбрызгивания струи с отделением дискретных капель с ее поверхности. Минимизация потерь жидкости при истечении незатопленной струи в отверстие обусловлена тем, что инерционные силы существенно превышают силы тяжести по модулю. Процесс разбрызгивания является следствием потери устойчивости, возникающего вследствие неравномерного распределения скорости среды в поперечном сечении струи. Трение на внешней межфазной границе струи приводит к торможению периферийных слоев жидкости и образованию волн. При достижении градиента скорости жидкости в струе критического значения возникают разрывы сплошной среды, сопровождающиеся утолщением струи и образованием брызг, совокупный объем которых, по сути, является потерями жидкости.

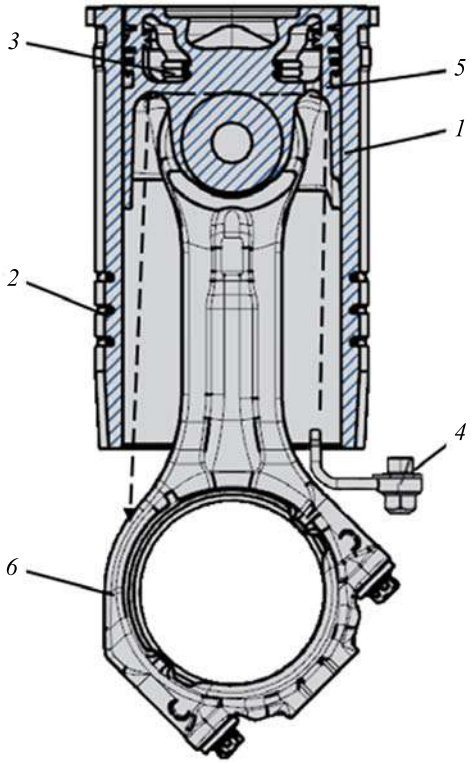


Рис. 1. Схема цилиндропоршневой группы с форсункой охлаждения поршня:
1 – поршень с кольцами; *2* – гильза цилиндра; *3* – масляная галерея поршня; *4* – форсунка охлаждения; *5* – приемное отверстие масла в поршне; *6* – шатун

Так как существующие эмпирические и аналитические теории истечения и устойчивости струй жидкости основаны на примере осесимметричных струй, их прямое использование для решения поставленной задачи может приводить к высокой доли неопределенности результатов. Применение численных методов решения в данном случае также ограничивается проблемой осесимметричности, а именно невозможностью использования ресурсоемкой осесимметричной постановки задачи.

Задача рассматривается как совокупность двух задач по обеспечению осесимметричного профиля скорости струи в выходном сечении ФОП и подбору параметров истечения осесимметричной струи жидкости в воздушное пространство для обеспечения устойчивого режима истечения на участке до мишени:

- подбор параметров осесимметричной струи, которые обеспечивают достаточную длину устойчивого участка от среза сопла форсунки до мишени;
- подбор геометрических параметров тракта форсунки, обеспечивающих осесимметричный профиль скорости в выходном сечении.

В первую очередь определяются параметры (диаметр и средняя скорость) истекающей осесимметричной струи масла в воздушное пространство, которые должны обеспечить устойчивое истечения струи до попадания в мишень при заданном расходе масла. Основываясь на величинах этих параметров, анализируется проточный тракт форсунки и предлагаются изменения его конструкции для достижения максимально близкого к осесимметричной форме профиля скорости в выходном сечении форсунки.

Целевая функция поставленной задачи – расход масла через мишень – является функцией двух параметров: среднерасходной скорости струи и отклонения распределения радиальной скорости от осесимметричной формы. По этой причине стратегия решения задачи заключается в связном решении двух отдельных задач по обеспечению осесимметричной струи на выходе из ФОП и определению параметров струи, обеспечивающих стабилизированный участок истечения до мишени.

Выделяют четыре главных режима распада струи, которым соответствуют определенные комбинации указанных сил [2]:

- режим распада Рэлея;
- первый аэродинамический режим;
- второй аэродинамический режим;
- режим распыливания.

Для оценки соотношения между силами используются характеристические числа Рейнольдса *Re* (отношение сил инерции к силам вязкого трения), Онезорге *Oh* (отношение сил вязкого трения к силам поверхностного натяжения и инерции) и Вебера *We* (отношение сил инерции к поверхностному натяжению) [3]:

$$Re = Vd/\nu; \tag{1}$$

$$Oh = \frac{\eta}{\sqrt{\sigma\rho d}}; \tag{2}$$

$$We = (\rho d V^2)/\sigma, \tag{3}$$

где V – характерная скорость, м/с; d – гидравлический диаметр, м; ν – кинематическая вязкость, м^2/с; η – динамическая вязкость среды, Па·с; σ – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м; ρ – плотность, кг/м^3.

В работе [4] представлена карта разрывов круглых турбулентных струй жидкости в неподвижном воздухе. Карта позволяет для любой вязкой жидкости определить длину стабильного участка в калибрах L/d в зависимости от *We* (см. рис. 2).

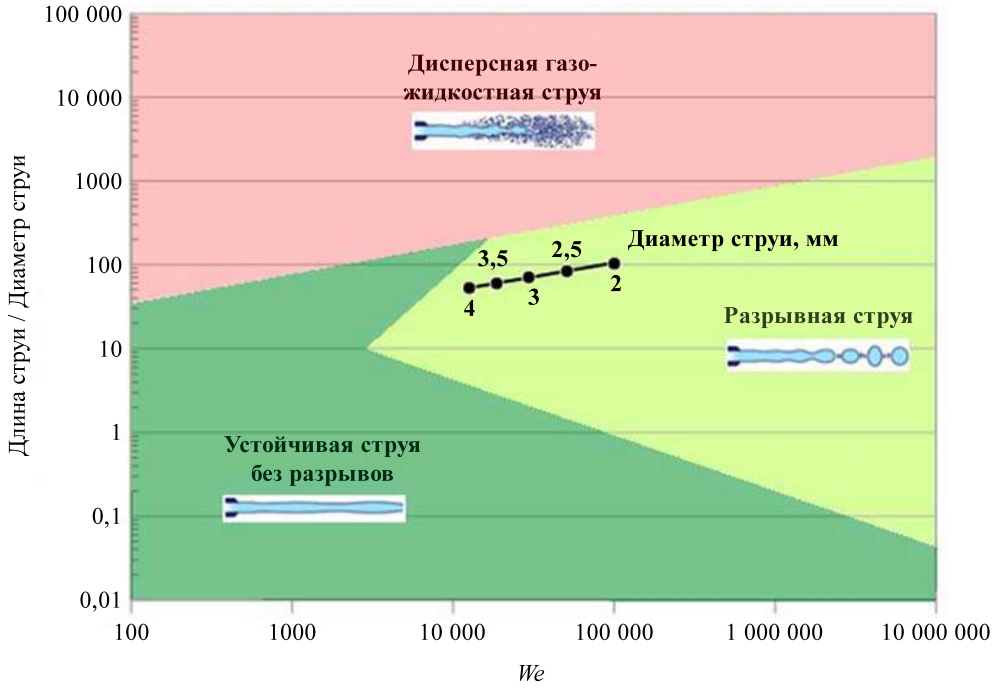


Рис. 2. Карта разрывов круглых турбулентных струй жидкости в неподвижном воздухе

Согласно графику на рис. 2, варьирование диаметра трубки ФОП (от 4 мм и меньше) не позволит выйти за пределы режима разрывной струи, при условии, что струя будет осесимметричной. При этом увеличение диаметра струи снижает интенсивность разрыва. Однако, с другой стороны, увеличение диаметра выходной трубки форсунки уменьшает количество калибров прямолинейного участка после поворотного колена.

Также следует отметить, что карта режимов на рис. 2 является одной из нескольких, предложенных разными авторами. В частности, она не учитывает вязкость сред. Аналитическая и эмпирическая теории распада в настоящий момент сформулированы исключительно для струи с начальным осесимметричным профилем скорости в поперечном сечении. Поэтому полученные в данном разделе выводы следует принять за верхние границы значений геометрических размеров и расходных характеристик, обеспечивающих стабильный участок струи длиной более 210 мм.

На основе данной теории проводится численное моделирование и стендовые испытания 12 комплектов моделей форсунок. С целью увеличения количества калибров прямолинейного участка после поворотного колена во всех моделях прямолинейный участок удлинен на 30 мм (максимально допустимая конструкцией величина). Так как при внутреннем диаметре выходной трубки форсунки 4 мм, ее новая длина порядка 12 калибров является явно недостаточной для стабилизации профиля скорости после поворотного колена, на выходе из форсунки установлены безотрывные конфузоры с углом образующей 5 и 8° с различной степенью поджатия потока.

Конструкция опытного образца форсунки показана на рис. 3. Данные о размерах серийной форсунки приведены в таблице в качестве нулевого варианта.

Увеличение прямолинейного участка после поворотного колена на допустимые 30 мм ожидаемо не позволяет полностью стабилизировать поток, однако данное удлинение, несомненно, способствует стабилизации течения, которой оказывается достаточно для конечного результирующего воздействия конфузорного участка.

Значения расхода масла, измеренные для 12 комплектов форсунок, хорошо согласуются с результатами численного моделирования. Отклонение результатов составляет не более 5 % кроме комплекта форсунок № 10 (результаты для данного комплекта имеют значительное отклонение в 19 %).

По результатам, полученным при стендовых испытаниях, выявлено, что при увеличении диаметра маслоподающего отверстия в болте и увеличении диаметра сопла также повышается расход масла через сопло (см. рис. 4).

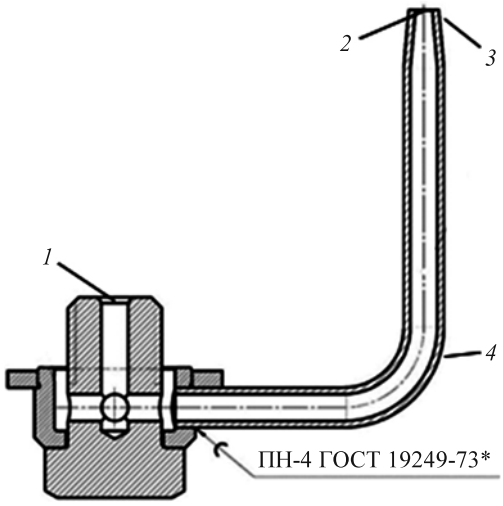


Рис. 3. Форсунка охлаждения поршня:
1 – диаметр маслоподающего отверстия в болте d_s; *2* – диаметр выходного отверстия; *3* – угол образующего выходного сопла; *4* – поворотное колено трубки

Таблица

Результаты испытаний форсунки

№ образца	Общий расход с двумя соплами, л/мин	Общий расход с одним соплом, л/мин
1	15,9	9,22
2	15,47	9,15
3	14,72	8,92
4	15,14	8,83
5	15,72	8,92
6	15,33	9,04
Среднее значение	15,38	9,01

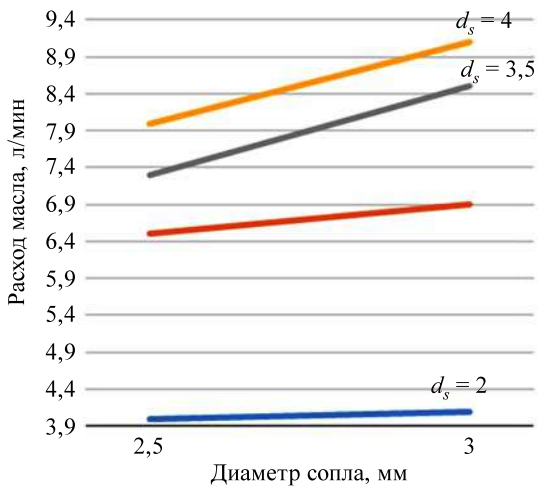


Рис. 4. График зависимости расхода масла от диаметра сопла при различных d_s форсунки

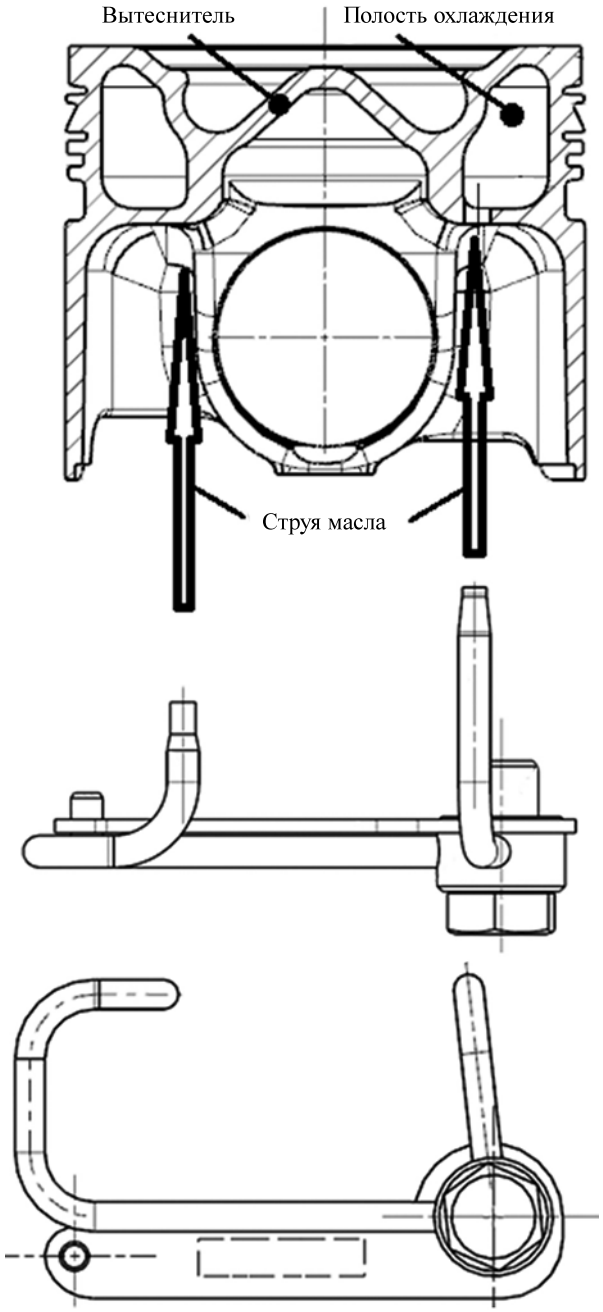


Рис. 5. Форсунка охлаждения поршня с двумя соплами

Рассмотрим комплект № 5. При увеличении диаметра выходного сечения расход масла через мишень не достигает установленного (7,5…9 л/мин), также потери масла составляют 56 %. Необходимый установленный расход масла через мишень достигается только на варианте № 4 опытного образца (8 л/мин).

Форсунка охлаждения с измененным соплом в составе двигателя испытания на безотказность в объеме 1000 ч выдерживает.

С целью повышения надежности цилиндропоршневой группы форсированной версии двигателей, путем поддержания и снижения температуры поршня разрабатывается форсунка охлаждения поршня с двойным соплом (см. рис. 5).

Подготовка расчета проводится разбиением рассматриваемой области на элементы. Для получения точных результатов важным является генерация сетки так, как грубое или неточное разбиение может повлиять на параметры потока жидкости или газа. Особое внимание требуется обратить на корректность разбиения областей со сложной геометрией: выточек под клапаны, участков вблизи кромок камеры сгорания в поршне и входы/выходы масляной галереи поршня. При моделировании процессов впрыскивания масла из форсунок необходимо обеспечить уменьшение шага сетки по направлениям распространения струи охлаждающей жидкости. Расчет осуществляется для тактов сжатия-расширения (сгорание) от момента закрытия впускного клапана до момента начала открытия выпускного клапана. Сеточная модель построена для сегмента 1/8 части камеры сгорания для инжектора 8 отв. с проливом 1400 мл/30 с $n = 2200$ мин$^{-1}$, $Q_{\text{цикл}} = 474$ мг. Граничные условия заданы для расчета цикла сжатия-расширения (554 до 848° упкв) на режиме 2200 мин$^{-1}$ при $p_z = 265$ бар.

Для расчета эффективности охлаждения форсунки с двумя соплами проводится расчет в программном обеспечении *AVL FIRE*. Для каждой группы компонентов задаются соответствующие физические модели и настройки. Для групп твердотельных деталей (гильзы, форсунки) решаются только уравнения энергии. Для каждой группы деталей выбираются соответствующие материалы и свойства из библиотеки.

Для моделирования течения охлаждающей жидкости используются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, уравнение неразрывности, уравнение энергии и модель турбулентности *k-zeta-f*. Обмен энергией между различными группами компонентов осуществляется через выделенные интерфейсы, т. е. поверхности контакта.

Выводы. 1. Применение форсунки с двумя соплами увеличивает объем подаваемого масла практически вдвое относительно односоплового варианта, обеспечивая снижение температуры поршня.

2. Настоящее исследование направлено на снижение термической нагрузки деталей автомобильного двигателя, повышение надежности функционирования цилиндропоршневой группы двигателя мощностью до 1000 л. с. посредством сокращения потерь масла, попадающего в масляную галерею, оптимизации процессов отвода тепла от поршня и смежных конструктивных элементов, исключающей возможность их перегрева.

3. Поставленная цель достигается путем комплексного численного анализа и экспериментальных исследований особенностей функционирования системы впрыска масла форсунками.

Список литературы

1. *Trettel B., Larsson I. A. S., Jangi M.* A Unified Model for the Prediction of Laminar and Turbulent Liquid Jet Breakup // International Journal of Multiphase Flow. 2023. Vol. 169. Pp. 104609.

2. *Карпухин К. Е., Теренченко А. С.* Численное моделирование теплового состояния и охлаждения поршня судового среднеоборотного дизеля // Вестник НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2018. № 2. С. 35–45.

3. *Девянин П. Н., Новицкий К. В.* Повышение ресурса поршневой группы транспортного дизеля за счет оптимизации тепловых потоков // Транспорт на альтернативном топливе. 2022. № 1. С. 42–49.

4. *Гоголин В. В., Дьячков А. К., Лазарев Е. А.* Экспериментальное исследование эффективности охлаждения поршня дизеля струей масла при изменении конструктивных параметров форсунки // Известия вузов. Машиностроение. 2019. № 5. С. 66–75.

References

1. Trettel B., Larsson I. A. S., Jangi M. A Unified Model for the Prediction of Laminar and Turbulent Liquid Jet Breakup. *International Journal of Multiphase Flow*, vol. 169, 2023, pp. 104609.

2. Karpushin K. E., Terenchenko A. S. Numerical Modeling of the Thermal State and Piston Cooling of a Marine Medium-Speed Diesel Engine. *Vestnik NGTU im. R. E. Alekseeva*, 2018, no. 2, pp. 35–45.

3. Devyanin P. N., Novitsky K. V. Increasing the Service Life of a Transport Diesel Engine's Piston Group by Optimizing Heat Flows. *Alternative Fuel Transport*, 2022, no. 1, pp. 42–49.

4. Gogolin V. V., Dyachkov A. K., Lazarev E. A. Experimental Study of the Efficiency of Diesel Piston Cooling with an Oil Jet with Changing the Design Parameters of the Injector. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2019, no. 5, pp. 66–75.

УДК 621.396

Ю. Г. ПАСТЕРНАК, Д. К. ПРОСКУРИН, доктора техн. наук; С. М. ФЁДОРОВ, канд. техн. наук; Е. А. ИЩЕНКО, аспирант (ВГТУ, г. Воронеж)
E-mail: kursk1998@yandex.ru
Yu. G. Pasternak, D. K. Proskurin, S. M. Fedorov, E. A. Ishchenko (Voronezh State Technical University, Voronezh)

Линейная решетка из двух параболических сегментов с плавным и синхронным механическим управлением двумя ортогональными линейными поляризациями

Linear array of two parabolic segments with smooth and synchronous mechanical control of two orthogonal linear polarizations

Приводится линейная решетка из двух параболических сегментов с плавным и синхронным механическим управлением двумя ортогональными линейными поляризациями (одна – на прием, другая – на передачу). Применяется дроссельно-фланцевый облучатель. Электродинамическое моделирование показывает, что коэффициент направленного действия дроссельно-фланцевого облучателя для частоты 12,5 ГГц равен 10,5 изотропных дБ. Для частоты 14,3 ГГц коэффициент направленного действия всей системы равен 29,98 изотропных дБ. Уровень боковых лепестков (УБЛ) равен –14,1 дБ. Указываются материалы, из которых изготавливается антенная система. Рассматривается возможность изготовления составных частей системы обработкой давлением.

This article presents a linear array consisting of two parabolic segments with smooth and synchronous mechanical control of two orthogonal linear polarizations (one for reception, the other for transmission). A choke-flange feed is used. Electrodynamic modeling shows that the directivity of the choke-flange feed for a frequency of 12,5 GHz is equal to 10,5 isotropic dB. For a frequency of 14,3 GHz, the directivity of the entire system is equal to 29,98 isotropic dB. The side lobe level (SLL) is equal to –14,1 dB. The materials from which the antenna system is manufactured are specified, and the possibility of fabricating the system components by pressure treatment is considered.

Ключевые слова: линейная решетка; параболическая антенна; линейная поляризация; ортогональная поляризация.

Keywords: linear array; parabolic antenna; linear polarization; orthogonal polarization.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZGM-2025-0004).

В современном мире использование антенных решеток является очень распространенным решением для обеспечения высококачественной связи. Антенные решетки применяются в радиолокации (ПВО, авиационные и морские радары), спутниковой связи, сетях мобильной связи (*5G*), системах навигации и управления воздушным движением, а также в различных стационарных и подвижных наземных, корабельных и авиационных радиосистемах. Антенные решетки используются везде, где требуется возможность управления направленностью сигнала. Применяются решетки также и системах, где требуется улучшение усиления, подавление помех или возможность формирования нескольких лучей диаграммы направленности одновременно.

По сути, антенные решетки – сложные антенны, состоящие из множества элементов, размещаемых в пространстве по определенному или случайному принципу. Существуют также отражательные антенные решетки. В их конструкции применяется отражающая поверхность (ровная и плоская или определенным образом изогнутая, например, параболический сегмент), которая целенаправленно отражает энергию, поступающую на нее, для создания нужной диаграммы направленности.

В сравнении с одиночными параболическими отражательными антеннами, антенные решетки из нескольких таких антенн демонстрируют более высокую эффективность. Их преимущества заключаются в уменьшении ширины главного лепестка диаграммы направленности и, следовательно, увеличения коэффициента усиления антенны. Тем не менее решение об использовании решеток должно основываться на их реально доказанной пользе с точки зрения эффективности их применения, поскольку создание такой решетки, состоящей из нескольких антенн, обходится дороже, чем производство одной аналогичной антенны.

Рассмотрим некоторые варианты реализации решеток. В статье [1] показана отражательная антенная решетка для сетей с видом связи, при котором передача информации происходит одновременно в обоих направлениях. Предполагаемая область применения – в спутниковой связи. Мальтийский крест – это элемент рассматриваемой решетки, который дает возможность работать системе с двумя ортогональными линейными поляризациями или же с одной круговой поляризацией. База решетки – это лист вспененного ПВХ толщиной 8 мм. Подложка состоит из вспененного полиэтилена.

Для частоты 14 ГГц выявлено существенное расхождение между теоретическими и экспериментальными данными по ширине диаграммы направленности (ШДН) и уровню боковых лепестков (УБЛ). Рассчитанная ширина составляет 5,5°, тогда как измеренная достигает 10,8°. Аналогично для частоты 14 ГГц расчетный УБЛ равен –21 дБ, а измеренный – всего –9 дБ.

Отклонение рабочей частоты в сторону более низких значений происходит из-за погрешностей при изготовлении маски для травления и недостаточного учета диэлектрических характеристик используемых материалов. При создании таких антенных решеток необходимо принимать во внимание трудности реального физического воплощения проекта и нюансы производственного процесса. Следует также помнить, что все печатные антенны будут неизбежно сталкиваться со значительными потерями в диэлектрике.

Перейдем к рассмотрению отдельно отражательных зеркальных антенн. Зеркальные параболические антенны (ЗПА) являются довольно распространенными остронаправленными антеннами. Зеркальные параболические антенны часто применяются в радиолокации и астрономии. Они также часто используются для спутниковой связи, радиорелейных линий, беспроводных сетей, а также в качестве радиолокационных антенн и радиотелескопов. Широкое применение таких антенн в различных системах связи обусловлено рядом преимуществ: простота конструкции, простота реализации, гибкость в формировании требуемых диаграмм направленности, высоким КПД и низким уровнем шумов. В радиолокации параболические антенны позволяют создавать равносигнальные зоны и формировать несколько диаграмм направленности с помощью одного зеркала. Некоторые типы зеркальных антенн также обеспечивают быстрое сканирование луча в заданном угловом диапазоне [2].

В работе [3] показана планарная печатная зеркальная антенна. Измеренные характеристики антенны: коэффициент направленного действия 36,6 дБ, ширина луча 2,7°, коэффициент усиления 33 дБ; УБЛ системы с левой стороны 17 дБ, УБЛ системы с правой стороны 15,5 дБ. Частоты измерений соответствовали полосе от 24,5 до 26 ГГц. Расхождение между измеренными значениями и итогами электродинамического моделирования печатных антенн может быть обусловлено потерями в диэлектрике.

В работе [4] рассматривается предполагаемая конструкция отражательной антенной решетки на основе микрополоскового элемента в форме меандра. Планируется моделирование на основе приведенного элемента антенной решетки размером 34 на 34 элемента с одной линейной поляризацией. Предполагаемые характеристики в частотном диапазоне от 10,7 до 12,7 ГГц позволяют добиться коэффициента усиления –27 дБ. Недостаток конструкции при реальной физической реализации будет заключаться в больших потерях в диэлектрике и предполагаемого наличия только одной линейной поляризации.

В работе [5] рассматривается отражательная антенная решетка с электронным сканированием, состоящая из ферритовых фазовращателей круговой поляризации. Конструкция подразумевает большую решетку, состоящую из нескольких малых подрешеток, состоящих в свою очередь из ферритовых вращателей круговой поляризации. При фазовых ошибках от 0 до 45° боковые лепестки вырастают с –26 до –16 дБ, а главный луч расширяется от 0,48 до 0,6°. В бóльшей степени на искажение диаграммы направленности оказывают влияние: фазовые ошибки, появляющиеся в связи с рассогласованием ферритового отрезка волновода с диэлектрической антенной; проводимые измерения фазовращателя в волноводе, а не в свободном пространстве; измерение элементов в волноводном переходе с технологическими зазорами; взаимная связь между излучателями; появление паразитной неуправляемой волны и наличие разности фаз между подрешетками. Предполагается получение достойных характеристик приведенной отражательной системы, но дороговизна изготовления макета будет значительной в случае его реального физического изготовления.

В настоящей работе предложена разработанная линейная решетка из двух параболических сегментов с плавным и синхронным механическим управлением двумя ортогональными линейными поляризациями (одна – на прием, другая – на передачу). Отражательная решетка изготавливается из двух соединенных между собой зеркальных сегментов параболических антенн. Так как в основе решетки лежит часть параболической антенны, то решетка является изогнутой, а не плоской. Применение описываемой конструкции решетки располагает преимуществом относительно одиночной параболической антенны. Предложенная двухсегментная решетка имеет преимущество в КУ, так как сильнее сужает главный лепесток ДН (диаграммы направленности). Линейная решетка из двух параболических сегментов с плавным и синхронным механическим управлением двумя ортогональными линейными поляризациями располагается на рис. 1.

Из конструкции системы видно, что она располагает двухсегментной отражательной решеткой и излучателем. Излучатель, в свою очередь, состоит из 3 дБ синфазных делителей мощности, волноводных структур, структур Вивальди и двух дроссельно-фланцевых облучателей. Ширина антенны равна 57 см, высота – 19,85 см.

На рис. 1 в облучателе серым цветом отображены составные части, которые не имеют возможности вращения. Желтым цветом показаны части конструкции, которые синхронно вращаются вокруг своей оси. Вращающиеся части антенны дают возможность управления поляризациями.

На рис. 2 приводится внешний вид облучателя. В составе облучателя располагаются 4 структуры Вивальди.

На рис. 3 показан облучатель в разрезе и точки запитки облучателя.

На рис. 4 показаны 3 дБ синфазный делитель мощности и его структура в разрезе.

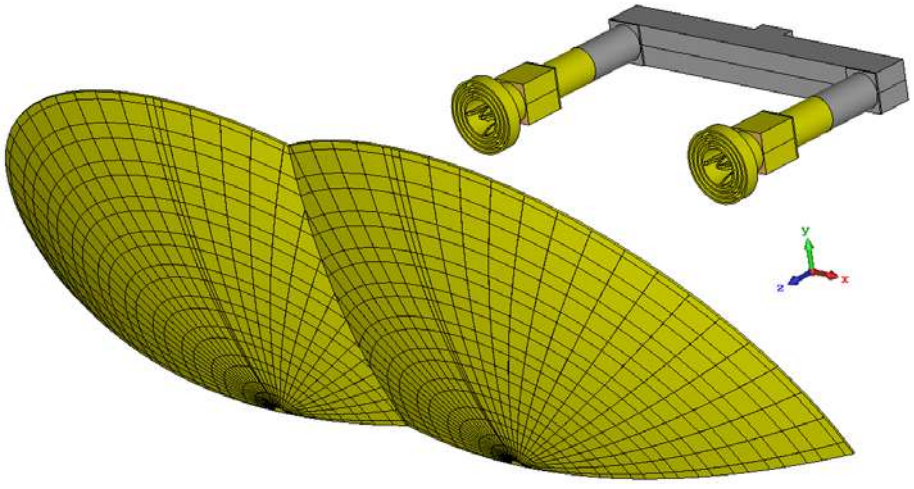


Рис. 1. Линейная решетка из двух параболических сегментов с плавным и синхронным механическим управлением двумя ортогональными линейными поляризациями

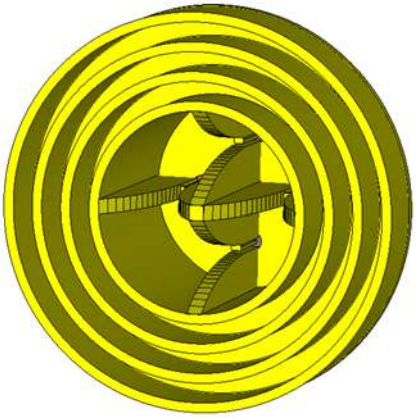


Рис. 2. Внешний вид облучателя

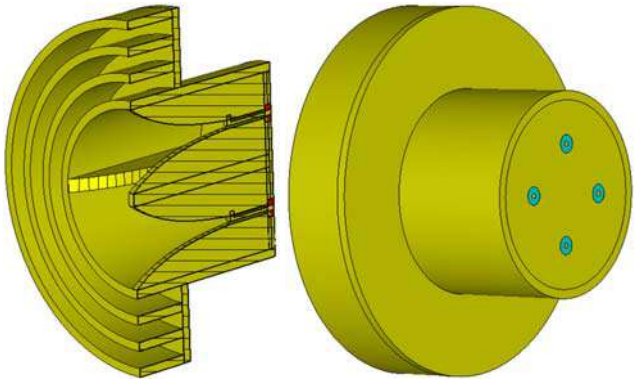


Рис. 3. Облучатель в разрезе и точки его запитки

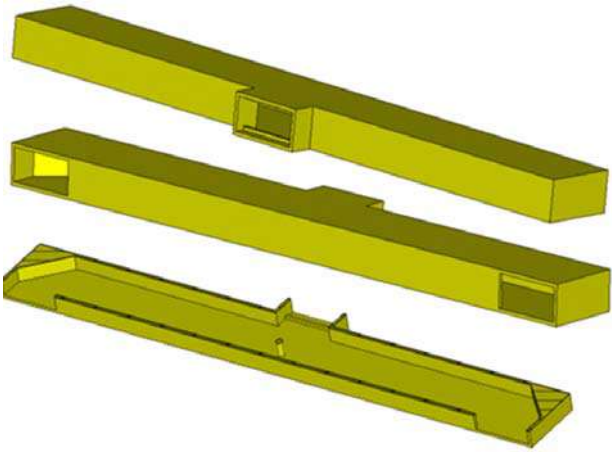


Рис. 4. 3 дБ синфазный делитель мощности

Энергия, поступающая на волноводный делитель мощности, делится поровну между двумя его выходами. Затем волна переходит из прямоугольного волновода в цилиндрический. В прямоугольном волноводе, расположенном перед дроссельно-фланцевым облучателем, располагается структура Вивальди. Она представляет собой плавный экспоненциальный переход, преобразующий волну в электрический ток. По коаксиальному кабелю и серии переходов энергия направляется на дроссельно-фланцевый облучатель. Облучатель, в свою очередь, облучает двухсегментную решетку. Каждый параболический сегмент решетки отражает волну, фокусирует ее и формирует требуемое направленное излучение.

На рис. 5 располагается переход от волновода 19×9,5 мм на коаксиальный разъем 50 Ом (используется для запитки дроссельно-фланцевых облучателей зеркала). В данном случае также применяется структура Вивальди.

На рис. 6 располагается вращающая часть линии питания дроссельно-фланцевого элемента, облучающего зеркало (сам дроссельно-фланцевый элемент на данных рисунках не показан), и его структура в разрезе.

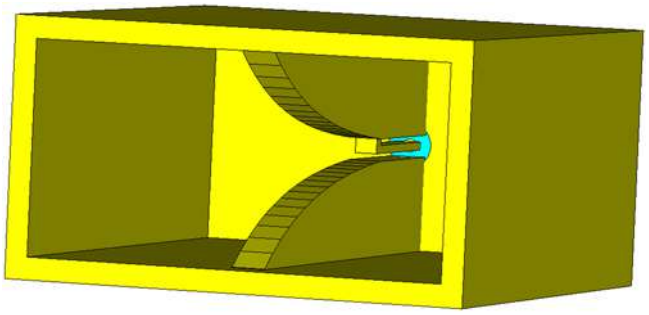


Рис. 5. Переход от волновода 19×9,5 мм на коаксиальный разъем 50 Ом

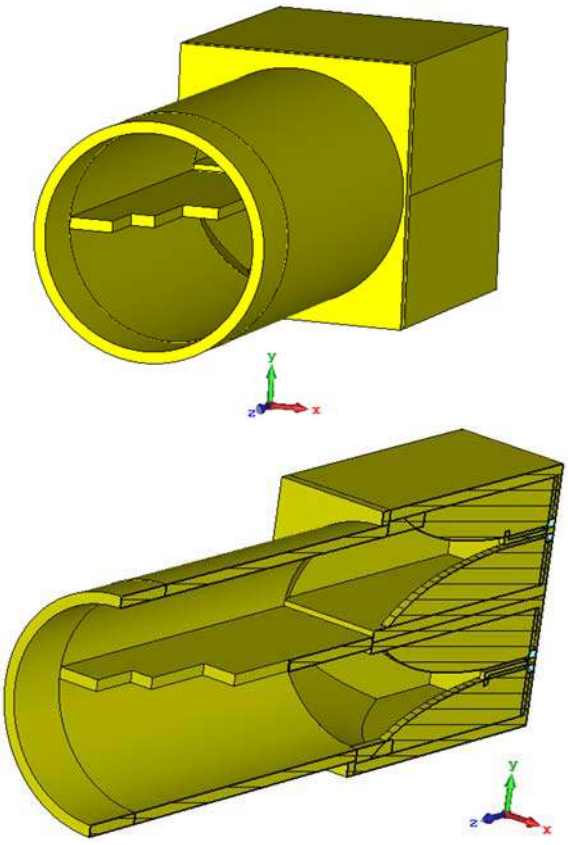


Рис. 6. Вращающая часть линии питания дроссельно-фланцевого элемента, облучающего зеркало, и его структура в разрезе

Вращающая часть линии питания дроссельно-фланцевого элемента имеет в составе ступенчатую структуру, изготовленную из листового алюминия.

На рис. 7 располагается разрез облучателя с блоком его запитки (2 перехода от волноводов 19×9,5 мм на коаксиальные разъемы 50 Ом, два встречно включенных формирователя двух ортогональных круговых поляризаций, образующих двухканальное вращающееся сочленение, а также два прямоугольных волновода 19×9,5 мм, ведущих к волноводным делителям мощности). Детали, показанные желтым цветом, вращаются вокруг оси, а детали, показанные серым – неподвижны. Оба облучателя вращаются синхронно.

Рассмотрим материалы, из которых изготавливаются составные части системы. Почти все проводящие элементы системы изготавливаются из металла (меди). Вращающая часть линии питания дроссельно-фланцевого элемента имеет в составе ступенчатую структуру, изготовленную из листового алюминия. Также из листового алюминия изготавливается двухсегментная отражательная решетка. Металлические листы можно производить под давлением методом прокатки металла. Для металлических параболических антенн обычно применяется процесс штамповки или выдавливания из листового металла. Как вариант, для двухсегментной решетки сначала изготавливается алюминиевый лист путем прокатки металла под давлением. Далее придается требуемая форма в пресс-форме. Лист подвергается формовке под давлением в специальном штампе, чтобы получить необходимую параболическую изогнутую форму конструкции.

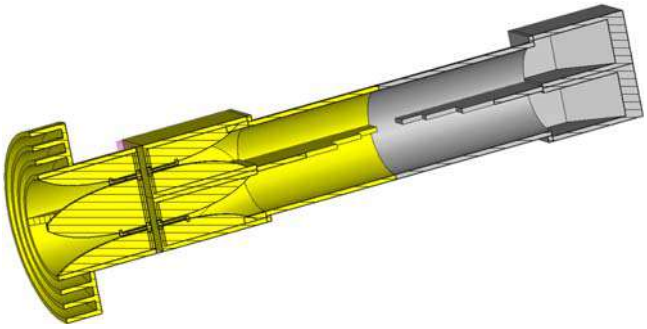


Рис. 7. Разрез облучателя с блоком его запитки

Рассмотрим результаты электродинамического моделирования в программе *CST Microwaves Studio*. На рис. 8 показаны *S1,1* и *S3,1* параметры облучателя.

На рис. 9 располагаются трехмерные ДН облучателя на частотах 12,5 и 14,3 ГГц, соответственно. Видно, что КНД облучателя на 12,5 ГГц равен 10,5 дБи. Для частоты 14,3 ГГц коэффициент направленного действия системы составляет 29,98 дБи. В таком случае ширина основного лепестка диаграммы направленности равна 4,7°. УБЛ равен –14,1 дБ. Сформированный луч является довольно узким, вследствие чего энергия сильнее концентрируется в определенном направлении, чем обеспечивается высокий уровень КНД.

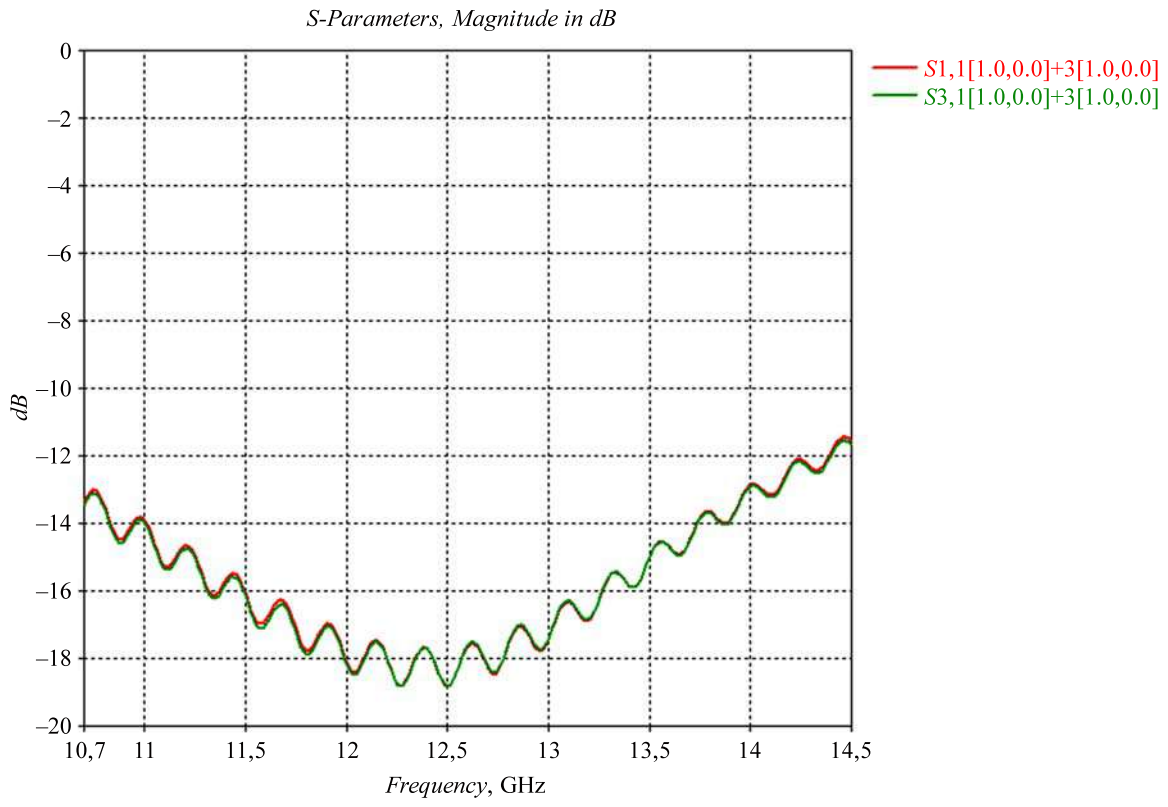
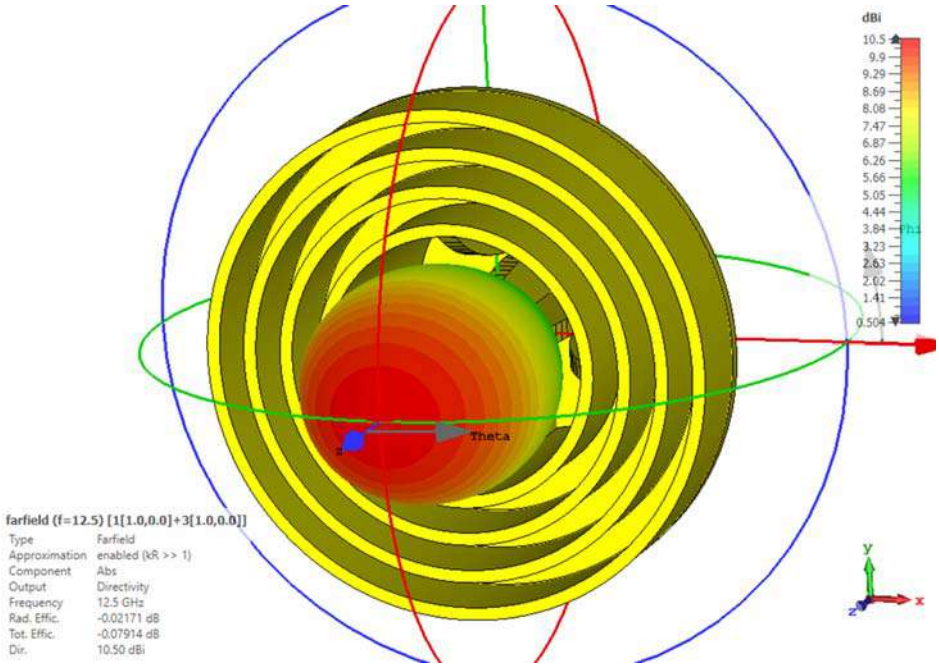
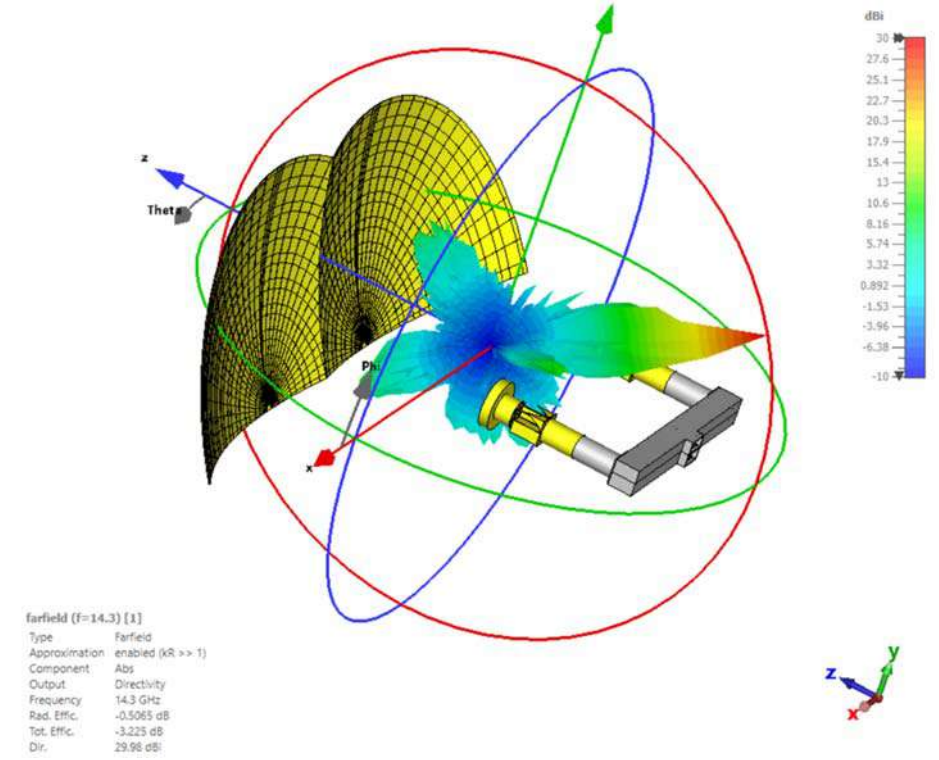


Рис. 8. *S1,1* и *S3,1* параметры облучателя



а)



б)

Рис. 9. Трехмерная ДН облучателя на частотах 12,5 (*а*) и 14,3 ГГц (*б*), соответственно

Выводы. 1. Предложена разработанная конструкция линейной решетки из двух параболических сегментов с плавным и синхронным механическим управлением двумя ортогональными линейными поляризациями (одна – на прием, другая – на передачу). Достоинством разработки является возможность работы с двумя поляризациями.

2. Рассмотрены материалы, из которых изготавливаются составные части системы, и возможность получения некоторых составных частей антенны обработкой давлением.

3. Из электродинамического моделирования следует, что КНД облучателя для 12,5 ГГц составляет 10,5 дБи, а для частоты 14,3 ГГц – 29,98 дБи, в та-

ком случае ширина основного лепестка диаграммы направленности равна 4,7°. УБЛ равен –14,1 дБ. Сформирован довольно узкий основной лепесток диаграммы направленности, что позволяет получить высокий уровень КНД антенной системы.

Список литературы

1. *Литинская Е. А., Поленга С. В., Саломатов Ю. П.* Разработка и исследование отражательной антенной решетки для сетей дуплексной спутниковой связи // Доклады ТУСУР. 2011. № 2–1 (24). Ч. 1. С. 214–218.

2. *Чистюхин В. В.* Антенно-фидерные устройства. М.: МИЭТ. 2010. 116 с.

3. *Парнес М. Д., Корольков В. Д., Гашинова М. С.* и др. Планарная печатная зеркальная антенна // Известия вызов России. Радиоэлектроника. 2005. № 1. С. 56–59.

4. *Листратов С. Е.* Моделирование отражательной антенной решетки // Международный научный журнал «Вестник науки». 2019. Т. 2. № 5 (14). С. 130–133.

5. *Парнес М. Д.* Отражательная антенная решетка с электронным сканированием // СВЧ-электроника. 2019. № 2. С. 24–31.

References

1. Litinskaya E. A., Polenga S. V., Salomatov Yu. P. Development and study of a reflective antenna array for duplex satellite communication networks. *Reports of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*, 2011, no. 2–1 (24), part. 1, pp. 214–218.

2. Chistyukhin V. V. *Antenno-fidernye ustrojstva* [Antenna-feeder devices]. Moscow, MIET, 2010, 116 p.

3. Parnes M. D., Korolkov V. D., Gashinova M. S. et al. Planar printed reflector antenna. *News of higher educational institutions of Russia. Radioelectronics*, 2005, no. 1, pp. 56–59.

4. Listratov S. E. Modeling of a reflective antenna array. *International scientific journal «Bulletin of Science»*, 2019, no. 5 (14), vol. 2, pp. 130–133.

5. Parnes M. D. Reflective antenna array with electronic scanning. *Microwave electronics*, 2019, no. 2, pp. 24–31.

Вниманию подписчиков!

Обращаем Ваше внимание на то, что с начала 2010 года издается *журнал под названием «Кузнечно-штамповочное производство»*, выпускаемый неким Жарковым В. А. и **не имеющий никакого отношения к нашему журналу «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»**.

Использование Жарковым В. А. для своего издания первой части названия журнала «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением» вводит в заблуждение наших подписчиков. **Журнал, издаваемый Жарковым В. А., имеет совершенно другую тематическую направленность, он не входит в перечень ВАКа и по сути является сборником трудов самого Жаркова В. А.**

ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ

УДК 621.785.545

С. В. МИХАЙЛОВА, канд. пед. наук (Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень)
E-mail: sweta02311@gmail.com
S. V. Mikhailova (Industrial University of Tyumen, Tyumen)

Влияние легирующих элементов на формирование упрочненного слоя при индукционной закалке ступенчатых деталей

Influence of alloying elements on the hardened layer formation during induction hardening of stepped parts

Данная работа является продолжением исследования, посвященного равномерности индукционного упрочнения конических и ступенчатых деталей. Установлены закономерности влияния химического состава стали на формирование структуры, твердость и распределение остаточных напряжений при индукционной закалке ступенчатых деталей. Исследованы четыре марки конструкционной стали: 45 (базовая углеродистая), 40Х (хромистая), 40ХН (хромоникелевая) и 38ХМ (хромомолибденовая). Эксперименты проведены на ступенчатых образцах (ступени ∅ 60 и ∅ 40 мм) с варьированием скорости перемещения. Установлено, что оптимальная скорость перемещения снижается с повышением легированности, а максимальная твердость поверхности возрастает. Глубина упрочненного слоя коррелирует с прокаливаемостью и составляет для оптимальных режимов 1,8; 2,2; 2,8 и 3,2 мм, соответственно. Металлографическим анализом подтверждено формирование мелкодисперсного мартенсита с размером игл, уменьшающимся при введении легирующих элементов. Разработаны практические рекомендации по выбору режимов ИПЗ для исследованных сталей при упрочнении ступенчатых деталей.

This work continues a study devoted to the uniformity of induction hardening of conical and stepped components. The objective of the study is to establish patterns of influence of steel chemical composition on structure formation, hardness and residual stress distribution during induction hardening of stepped components. Four grades of structural steel are studied: 45 (base carbon), 40Ch (chromium), 40ChN (chromium-nickel) and 38ChM (chromium-molybdenum). Experiments were conducted on stepped specimens (steps of ∅ 60 and ∅ 40 mm) with varying travel speed. It was found that the optimal travel speed decreases with increasing alloying level but maximum surface hardness increases in the following series. The depth of the hardened layer correlates with hardenability and is 1,8; 2,2; 2,8 and 3,2 mm, respectively, for the optimal modes. Metallographic analysis confirmes the formation of finely dispersed martensite with a needle size that decreases with the introduction of alloying elements. Practical recommendations for selecting the IPZ modes for the studied steels when hardening stepped parts.

Ключевые слова: индукционная закалка; ступенчатые детали; легированные стали; прокаливаемость; мартенситное превращение; микротвердость; остаточные напряжения; скорость перемещения.

Keywords: induction hardening; stepped parts; alloy steels; hardenability; martensitic transformation; microhardness; residual stresses; travel speed.

Предыдущие исследования авторов [1] показывают, что равномерность индукционного упрочнения конических и ступенчатых деталей достигается целенаправленным проектированием индукторной системы (изменение шага витков, регулировка зазора) и выбором оптимальных режимов нагрева. Установлено, что для стали 45 (ступенчатая ось) оптимальный режим включает скорость перемещения 2,5 мм/с при мощности ~50 кВт, что обеспечивает твердость 55 *HRC* и глубину упрочненного слоя 1,8 мм [1].

Полученные результаты служат базой для исследования более широкого круга материалов, поскольку в реальном машиностроении для изготовления

ответственных ступенчатых деталей применяется широкий спектр конструкционных сталей, различающихся уровнем легирования: хромистые (40Х, 40ХР), хромоникелевые (40ХН, 20ХН3А), хромомолибденовые (30ХМ, 38ХМ, 42CrMo4) и др. [2]. Каждая из этих сталей обладает специфической кинетикой фазовых превращений при нагреве и охлаждении, что обусловлено влиянием легирующих элементов на диффузионные процессы, положение критических точек и прокаливаемость [3, 4].

Легирующие элементы оказывают следующее влияние на процессы, протекающие при индукционном нагреве [5, 6]:

- хром повышает устойчивость переохлажденного аустенита, смещает перлитное превращение в область более длительных выдержек, увеличивает прокаливаемость;
- никель расширяет γ-область, понижает температуру мартенситного превращения, повышает вязкость мартенсита;
- молибден сильно тормозит диффузионные процессы, измельчает зерно, повышает температуру рекристаллизации, способствует формированию тонкой структуры мартенсита.

Эти особенности должны учитываться при назначении режимов ИПЗ, однако систематические исследования влияния легирования на формирование упрочненного слоя в деталях сложной геометрии немногочисленны [7, 8]. Существующие рекомендации часто носят общий характер и не позволяют технологу обоснованно выбирать параметры для конкретной марки стали, что приводит либо к перегреву и росту зерна, либо к недостаточной твердости и малой глубине слоя [9].

Цель данной работы – установление закономерностей влияния химического состава стали на формирование структуры, твердость и распределение остаточных напряжений при индукционной закалке ступенчатых деталей, а также разработка практических рекомендаций по выбору режимов для различных марок конструкционных сталей.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны четыре марки конструкционной стали, широко применяемые в машиностроении для изготовления валов, осей, штоков и других ступенчатых деталей. Химический состав и расчетные характеристики представлены в табл. 1.

Все образцы перед исследованием проходят одинаковую предварительную термическую обработку: улучшение (закалка с 850–860 °С в масле и высокий отпуск при 600–620 °С), обеспечивающее структуру сорбита отпуска с твердостью 220–260 НВ. Это исключает влияние исходной структуры на результаты [7].

Геометрия выбранных образцов полностью аналогична ранее рассмотренной ступенчатой оси [1]:

- большая ступень: ∅ 60 мм, L = 50 мм;
- малая ступень: ∅ 40 мм, L = 50 мм;
- радиус галтели: 5 мм.

Индукционный нагрев выполняется на установке ЛЗ-67 (70 кГц, до 60 кВт) с петлевым индуктором и магнитопроводом из трансформаторной стали. Для компенсации концентрации поля на малой ступени устанавливается увеличенный зазор 6 мм (на основе данных источника [1]).

Скорость перемещения детали варьируется в диапазоне 1,5–3 мм/с (шаг 0,2–0,3 мм/с) при постоянной мощности ~50 кВт. Оптимальный режим определяется по равномерности прогрева (980–1020 °С, контроль термопарами ХА), отсутствию перегрева кромок и требуемой глубине упрочненного слоя.

Процедура последующего анализа полностью идентична исследованию [1]: измерение твердости по Роквеллу (*HRC*) и микротвердости (*HV*) на приборе ПМТ-3, металлографический анализ на микроскопе *Olympus GX51*.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе эксперимента для каждой марки стали определяется оптимальный режим нагрева, обеспечивающий равномерный прогрев обеих ступеней без локальных перегревов (см. табл. 2).

Установлено, что с повышением степени легирования оптимальная скорость перемещения снижается. Для стали 38ХМ (хромомолибденовая) требуется скорость на 28 % ниже, чем для стали 45. Это объясняется замедлением диффузионных процессов легирующими элементами [3, 6]: для завершения аустенизации и гомогенизации аустенита необходимо бóльшее время пребывания при высоких температурах.

Таблица 1

Химический состав и расчетные характеристики исследованных сталей

Исследуемая сталь	C, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	Система легирования	Критический диаметр прокаливаемости $D_{кр}$, мм
45	0,45	–	–	–	Углеродистая	8–12
40Х	0,4	1	–	–	Хромистая	25–35
40ХН	0,4	0,6	1,2	–	Хромоникелевая	40–55
38ХМ	0,38	1	–	0,25	Хромомолибденовая	50–70

Таблица 2

Оптимальные режимы нагрева и температурные параметры

Исследуемая сталь	Оптимальная скорость перемещения, мм/с	Температура поверхности (большая ступень), °С	Температура поверхности (малая ступень), °С	Перепад температур, °С
45	2,5	980–1000	985–1005	≤ 25
40Х	2,2	985–1005	990–1010	≤ 25
40ХН	2	990–1010	995–1015	≤ 30
38ХМ	1,8	995–1015	1000–1020	≤ 30

Таблица 3

Твердость и глубина упрочненного слоя

Исследуемая сталь	Твердость поверхности, *HRC*	Твердость поверхности, *HV*	Глубина слоя (*HV* > 550), мм	Максимальная твердость (на глубине), *HV*
45	55–56	620–640	1,8	620–640 (поверхность)
40Х	58–59	680–700	2,2	680–700 (поверхность)
40ХН	61–62	740–760	2,8	740–760 (поверхность)
38ХМ	63–64	780–820	3,2	780–820 (поверхность)

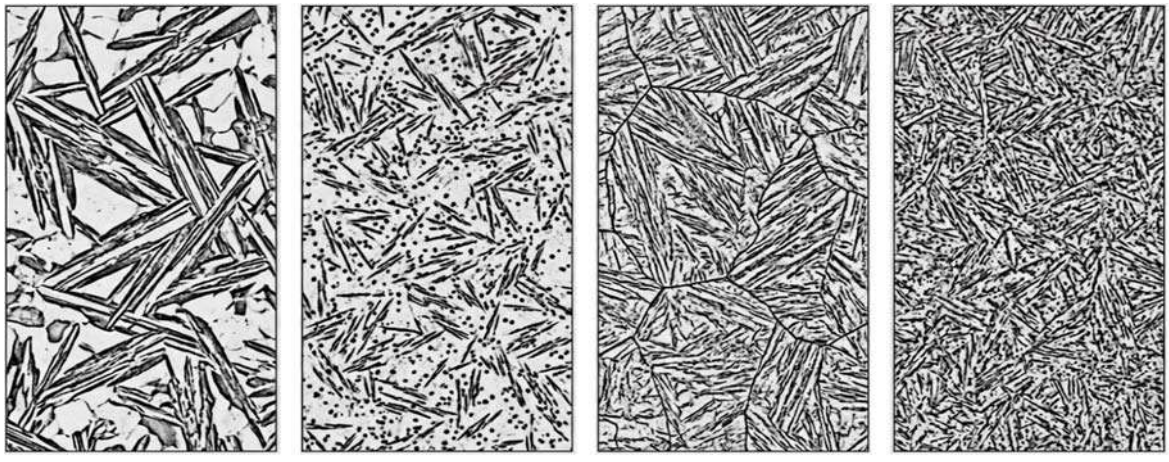
Измерение поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя (критерий *HV* > 550) для оптимальных режимов дает результаты, представленные в табл. 3.

Наблюдается четкая корреляция: увеличение содержания легирующих элементов и, соответственно, прокаливаемости, приводит к росту твердости и глубины упрочненного слоя. Для стали 38ХМ достигнута твердость до 820 *HV*, что на 28 % выше, чем для стали 45, а глубина слоя больше в 1,8 раза. Полученные значения согласуются с данными других исследователей [2].

Микроструктурный анализ, представленный на рис. 1 выявляет следующие особенности. Для стали 45 характерен крупноигольчатый мартенсит с размером игл 10–15 мкм, что типично для углеродистых сталей после закалки. В стали 40Х мартенсит более дисперсный (5–10 мкм), наблюдается равномерное распределение карбидной фазы. Сталь 40ХН демонстрирует мелкоигольчатый мартенсит (3–7 мкм) с повышенной травимостью границ зерен. Наиболее дисперсная структура формируется в стали 38ХМ – размер мартенситных игл не превышает 2–5 мкм, присутствуют мелкодисперсные карбиды молибдена.

Измельчение структуры в легированных сталях объясняется торможением роста аустенитного зерна при нагреве карбидообразующими элементами (Cr, Mo) и влиянием никеля на кинетику превращения [4, 8].

Распределение микротвердости по глубине для оптимальных режимов демонстрирует плавный градиентный характер упрочнения (см. рис. 2). Это благоприятно для эксплуатационных свойств [5]. Наибольшая глубина слоя с высокой твердостью достигнута для стали 38ХМ, а результат коррелирует с ее высокой прокаливаемостью.



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 1. Микроструктуры упрочненного слоя сталей 45 (*а*), 40Х (*б*), 40ХН (*в*) и 38ХМ (*г*) при увеличении ×500

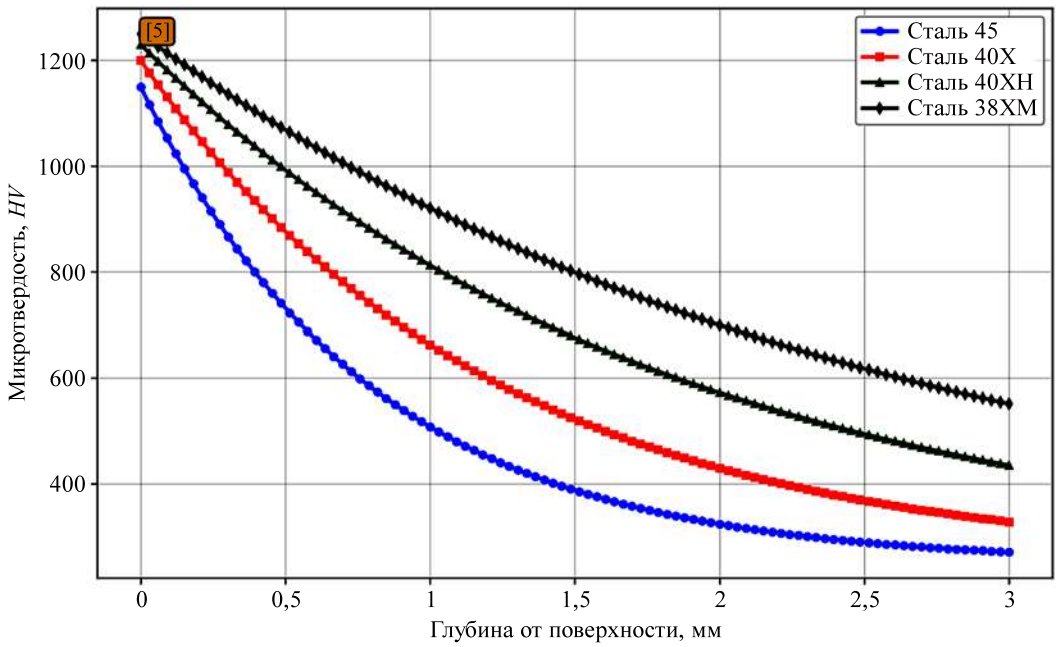


Рис. 2. Распределение микротвердости по глубине

Экспериментальные исследования выявляют, что оптимальная скорость перемещения индуктора при закалке ступенчатых деталей закономерно снижается с повышением уровня легирования стали. Для углеродистой стали 45 наилучшие результаты достигнуты при скорости 2,5 мм/с, что обеспечивает равномерный нагрев ступеней ∅ 60 и ∅ 40 мм до 980–1000 °С и формирование упрочненного слоя глубиной 1,8 мм с твердостью 55–56 *HRC*. При более высоких скоростях выше 2,7 мм/с наблюдается недогрев поверхности ниже критической точки Ac_3, что приводит к неполной аустенизации и образованию троостита закалки вместо мартенсита; при снижении скорости менее 2,3 мм/с возникает перегрев с ростом аустенитного зерна и образованием грубоигольчатого мартенсита.

Введение хрома (сталь 40Х) требует снижения оптимальной скорости до 2,2 мм/с. Это объясняется тем, что хром образует с углеродом более стабильные карбиды, чем цементит, что замедляет диффузионные процессы растворения карбидной фазы и гомогенизации аустенита при индукционном нагреве [3]. Температура нагрева при этом незначительно повышается (985–1005 °С), а глубина упрочненного слоя возрастает до 2,2 мм при твердости 58–59 *HRC*.

Дополнительное легирование никелем (сталь 40ХН) приводит к дальнейшему снижению оптимальной скорости до 2 мм/с. Никель, не образуя карбидов, снижает скорость диффузии углерода за счет изменения параметров кристаллической решетки аустенита и увеличивает прокаливаемость [4]. Это позволяет получить слой глубиной 2,8 мм с твердостью 61–62 *HRC* при нагреве до 990–1010 °С.

Наименьшая оптимальная скорость (1,8 мм/с) зафиксирована для хромомолибденовой стали 38ХМ. Молибден является сильным карбидообразующим элементом, значительно тормозит диффузию, измельчает зерно и повышает устойчивость переохлажденного аустенита [5]. В результате при нагреве до 995–1015 °С формируется наиболее глубокий упрочненный слой (3,2 мм) с максимальной твердостью 63–64 *HRC*.

Анализ распределения микротвердости по глубине (см. рис. 2) показывает, что для всех исследованных сталей на оптимальных режимах формируется градиентный упрочненный слой с плавным снижением твердости, что благоприятно для эксплуатационных свойств ступенчатых деталей. При этом глубина слоя коррелирует с критическим диаметром прокаливаемости (см. табл. 1): увеличение содержания легирующих элементов повышает прокаливаемость и, как следствие, глубину закаленной зоны.

Металлографическим анализом подтверждено, что легирующие элементы способствуют измельчению мартенситной структуры. Если в стали 45 формируется крупноигольчатый мартенсит с размером игл 10–15 мкм, то в стали 40Х иглы уменьшаются до 5–10 мкм, в стали 40ХН – до 3–7 мкм, а в стали 38ХМ размер игл не превышает 2–5 мкм. Кроме того, в структуре стали 38ХМ наблюдаются равномерно распределенные мелкодисперсные карбиды молибдена, дополнительно упрочняющие мартенситную матрицу.

Таким образом, установлена обратная зависимость оптимальной скорости перемещения от степени легирования стали, а также прямая корреляция между

Таблица 4

Рекомендуемые режимы индукционной закалки ступенчатых деталей

Исследуемая сталь	Оптимальная скорость перемещения, мм/с	Температура нагрева, °С	Мощность (ориентир), кВт	Твердость поверхности, *HRC*	Глубина слоя (*HV* > 550), мм	Особые рекомендации
45	2,5	980–1000	~50	55–56	1,8	Не допускать снижения скорости ниже 2,3 мм/с (перегрев) и выше 2,7 мм/с (недогрев)
40Х	2,2	985–1005	~50	58–59	2,2	Увеличенный зазор на малой ступени (6 мм). Контроль карбидной сетки
40ХН	2	990–1010	~50	61–62	2,8	Интенсивное водяное охлаждение. Контроль остаточного аустенита
38ХМ	1,8	995–1015	~50	63–64	3,2	Строго выдерживать скорость ≤ 2 мм/с. Использовать магнитопровод

содержанием легирующих элементов, твердостью и глубиной упрочненного слоя. Обобщенные рекомендации по режимам индукционной закалки представлены в табл. 4.

Выводы. 1. Комплексный анализ четырех марок конструкционных сталей различной степени легирования выявляет определяющую роль химического состава в формировании параметров упрочненного слоя и требуемых режимов термообработки.

2. Разработанные практические рекомендации включают оптимальные режимы индукционной закалки для каждой марки стали с указанием скорости перемещения, температуры нагрева и интенсивности охлаждения.

3. Внедрение этих рекомендаций в промышленную практику позволит повысить качество и стабильность упрочнения ступенчатых деталей ответственного назначения, снизить энергозатраты и повысить производительность технологического процесса индукционной закалки.

Список литературы

1. *Погребная И. А., Михайлова С. В.* Технологические принципы обеспечения равномерности индукционного упрочнения конических и ступенчатых деталей // КШП. ОМД. 2026. № 2. С. 53–59.

2. *Гурченко П. С., Шипко А. А*. История и направления развития индукционного нагрева ТВЧ на Минском автомобильном заводе // Литье и металлургия. 2013. № 2 (70).

3. *Федоров С. К., Федорова Л. В., Иванова Ю. С., Карпухин С. Д.* Повышение износостойкости стальных деталей электромеханической обработкой // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. № 7 (151). С. 305–308.

4. *Филиппов А. А., Пачурин Г. В.* Ресурсосберегающая подготовка заготовок стали 40Х для получения упрочненных болтов // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2013. № 2 (99).

5. *Эдигаров В. Р., Алимбаева Б. Ш., Анохин С. Ю.* Повышение износостойкости поверхностного слоя деталей комбинированной электромеханической обработкой с отпуском // Омский научный вестник. 2020. № 2 (170). С. 10–14.

6. *Попов А. А., Попова Л. Е.* Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита: справочник. М.: Металлургия. 2022. 503 с.

7. *Бернштейн М. Л., Займовский В. А.* Механические свойства металлов. М.: Металлургия. 1978. 495 с.

8. *Новиков И. И., Розин К. М.* Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: уч-ник для вузов, 4-е изд. М.: Металлургия. 2022. 358 с.

9. *Березин С. К.* Исследование образования аустенита в низкоуглеродистой мартенситной стали // Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов: мат-лы XXIV Уральской школы металловедов-термистов. Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова. 2018. С. 96–97.

References

1. Pogrebnaya I. A., Mikhailova S. V. Technological principles of ensuring uniformity of induction hardening of conical and step-like parts. *Forging and Stamping Production. Material Working by Pressures*, 2026, no. 2. pp. 53–59.

2. Gurchenko P. S., Shipko A. A. History and Development Directions of HFC Induction Heating at the Minsk Automobile Plant. *Casting and Metallurgy*, 2013, no. 2 (70).

3. Fedorov S. K., Fedorova L. V., Ivanova Yu. S., Karpushin S. D. Increasing the Wear Resistance of Steel Parts by Electromechanical Processing. *Hardening Technologies and Coatings*, 2017, no. 7 (151), pp. 305–308.

4. Filippov A. A., Pachurin G. V. Resource-saving preparation of 40X steel blanks for producing hardened bolts. *Proceedings of NSTU named after R. E. Alekseeva*, 2013, no. 2 (99).

5. Edigarov V. R., Alimbaeva B. Sh., Anokhin S. Yu. Increasing wear resistance of the surface layer of parts by combined electromechanical processing with tempering. *Omsk Scientific Bulletin*, 2020, no. 2 (170), pp. 10–14.

6. Popov A. A., Popova L. E. *Izotermicheskie i termokineticheskie diagrammy raspada pereohlazhdennogo austenite* [Isothermal and thermokinetic diagrams of the decomposition of supercooled austenite: handbook]. Moscow, Metallurgiya, 2022, 503 p.

7. Bernstein M. L., Zaimovsky V. A. *Mekhanicheskie svojstva metallov* [Mechanical Properties of Metals]. Moscow, Metallurgiya, 1978, 495 p.

8. Novikov I. I., Rozin K. M. *Kristallografiya i defekty kristallicheskoj reshetki* [Crystallography and Crystal Lattice Defects: A Tutorial for Universities, 4th ed]. Moscow, Metallurgiya, 2022, 358 p.

9. Berezina S. K. Study of Austenite Formation in Low-Carbon Martensitic Steel. *Actual Problems of Physical Metallurgy of Steels and Alloys: Proceedings of the XXIV Ural School of Metallurgists-Thermal Engineers*. Magnitogorsk, Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2018, pp. 96–97.

Вниманию подписчиков!

Обращаем Ваше внимание на то, что с начала 2010 года издается *журнал под названием «Кузнечно-штамповочное производство»*, выпускаемый неким Жарковым В. А. и **не имеющий никакого отношения к нашему журналу «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»**.

Использование Жарковым В. А. для своего издания первой части названия журнала «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением» вводит в заблуждение наших подписчиков. **Журнал, издаваемый Жарковым В. А., имеет совершенно другую тематическую направленность, он не входит в перечень ВАКа и по сути является сборником трудов самого Жаркова В. А.**

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 621.9.048

Г. МУЦЗЭ, аспирант (Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва)
E-mail: 1042238165@pfur.ru
G. Muze (Peoples' Friendship University of Russia, Moscow)

Механизм компенсации просачивания смазочно-охлаждающей жидкости при микроскопических деформациях режущей кромки под воздействием нестационарного температурного поля

A mechanism for compensating for coolant seepage during microscopic cutting edge deformations under the influence of a transient temperature field

Работа посвящена динамическому механизму, обеспечивающему компенсацию просачивания смазочно-охлаждающей жидкости в условиях высокоскоростного резания, когда нестационарное температурное поле порождает микроскопические термоупругие деформации режущей кромки. Контакт «стружка–инструмент» предложено рассматривать как автоколебательную термомеханическую систему, в которой микрозазоры модулируются с высокой частотой, а проницаемость капиллярных каналов задается не одной лишь величиной раскрытия, но и скоростью, с которой оно меняется. Эксперименты проводятся на аустенитной стали 12Х18Н10Т с применением твердосплавных пластин ВК8, покрытых TiAlN; температуры, микродеформации и расход СОЖ фиксируются синхронно – высокоскоростной съемкой, лазерной интерферометрией и виброметрией с миллисекундным разрешением. Массив из 450 серий обработан статистически и верифицирован конечно-элементным моделированием. Обнаружена нелинейная обратная связь между расходом жидкости и деформацией кромки: точка перегиба зафиксирована вблизи 610 °С, а при более высоких температурах нарастают пульсации давления и появляются признаки паровых пробок – картина, отвечающая термическому запиранию микроканалов. Повышение давления подачи увеличивает толщину пленки даже при падении вязкости, но эффект выходит на насыщение и сопровождается ростом теплового потока и скоростей сдвига, вплоть до неньютоновских режимов течения. Частотные температурные колебания оказываются критическим дестабилизирующим фактором: с ростом частоты увеличиваются и средний коэффициент трения, и его разброс, возникает хаотическое чередование сухого и жидкостного контакта – следствие инерционного «высокочастотного отторжения» жидкости. Выделяется «окно стабильности» (ориентировочно до 600 °С, до 500 Гц), внутри которого целесообразна предиктивная, фазово-синхронизированная импульсная подача СОЖ с демпфированием пульсаций давления.

This work examines a dynamic mechanism for compensating for coolant seepage during high-speed cutting, when a transient temperature field generates microscopic thermoelastic deformations of the cutting edge. The chip-tool contact is proposed to be considered as a self-oscillating thermomechanical system in which microgaps are modulated at high frequency and the permeability of capillary channels is determined not only by the opening size but also by the rate at which it changes. Experiments are conducted on 12Kh18N10T austenitic steel using VK8 carbide inserts coated with TiAlN. Temperatures, microdeformations and coolant flow are recorded simultaneously using high-speed imaging, laser interferometry, and vibrometry with millisecond resolution. A dataset of 450 series is statistically processed and verified using finite element modeling. A nonlinear feedback loop is discovered between fluid flow rate and edge deformation: the inflection point is found near 610 °C, while at higher temperatures, pressure pulsations increased and signs of vapor locking appeared – a pattern consistent with thermal locking of microchannels. Increasing the feed pressure increases film thickness even as viscosity

dropped, but the effect saturated and was accompanied by an increase in heat flux and shear rates, reaching non-Newtonian flow regimes. Temperature fluctuations prove to be a critical destabilizing factor: with increasing frequency, both the average friction coefficient and its spread increased, leading to chaotic alternation of dry and wet contact – a consequence of inertial «high-frequency rejection» of the fluid. A «stability window» (approximately up to 600 °C, up to 500 Hz) has been identified, within which predictive, phase-synchronized pulsed coolant delivery with pressure pulsation damping is advisable.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающая жидкость; микродеформации режущей кромки; нестационарное температурное поле; термомеханические колебания; высокоскоростное резание.

Keywords: cutting fluid; cutting edge microdeformations; transient temperature field; thermomechanical vibrations; high-speed cutting.

Когда речь заходит о высокоскоростном резании металлов, одним из первых вопросов неизбежно становится вопрос тепла. Температурные градиенты в зоне контакта инструмента с заготовкой достигают величин, при которых термоупругие деформации из второстепенного фактора превращаются в определяющий. Микронные отклонения геометрии режущей кромки, вызванные нестационарными тепловыми потоками, – проблема, к которой трибология и технология машиностроения обращаются давно, однако до сих пор без вполне удовлетворительного решения. Именно эти почти неуловимые сдвиги задают условия, на которых технологическая среда проникает в зону резания. Между тем большинство существующих моделей поведения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) трактуют контактные поверхности как нечто статичное или, в лучшем случае, квазистатичное [1]. Высокочастотные колебания зазоров, порожденные тепловым расширением и вибрациями, по сути, выводятся за скобки. А ведь как раз динамика микрозазоров на фоне фазовых переходов самой жидкости и решает, насколько эффективно работает смазка, насколько надежен теплоотвод и, в конечном счете, каков будет ресурс инструмента.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что промышленность все активнее переходит к обработке жаропрочных и труднообрабатываемых сплавов, а температурные поля при работе с ними носят отчетливо импульсный характер. Локальные пики в 800–1000 °С – не экзотика, а рядовая ситуация. При таких температурах вязкость и поверхностное натяжение СОЖ меняются радикально [2], и если наложить на это геометрическую нестабильность капиллярных каналов, получается своеобразная ловушка: либо «термическое запирание» (жидкость вообще не проходит), либо неконтролируемый выброс. Классическая гидродинамика здесь явно нуждается в поправках на масштаб шероховатости и присутствие паровой фазы [3]. Но если разобраться в физике проникновения жидкости в этот нестабильный, постоянно «дышащий» микроклиновой зазор, открываются вполне практические возможности, вплоть до адаптивных систем подачи СОЖ.

Здесь, пожалуй, стоит подчеркнуть мультидисциплинарность задачи. Она лежит на пересечении термодинамики, механики сплошных сред и химической физики поверхностей. Один из наименее изученных аспектов – влияние микрогеометрии изношенной контактной площадки на распределение гидростатического давления в жидкостной пленке. Это давление способно и демпфировать микровибрации, и при неудачном стечении параметров провоцировать рост усталостных трещин. Нестационарность температурного поля вынуждает зазор циклически «дышать» – фактически работать как микронасос [4]. Чтобы превратить этот стихийный механизм в управляемый компенсационный, нужны не только расчеты, но и добротная экспериментальная база, позволяющая точно определить, в какие моменты пиковых тепловых нагрузок зазор захлопывается настолько, что трение становится сухим.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная программа строится на одновременном применении нескольких методов (высокоскоростной видеорегистрации, лазерной интерферометрии и контактной термометрии), чтобы получить надежную картину того, что происходит в системе «инструмент–деталь–СОЖ» буквально в реальном времени. Материалом для обработки выбрана хромоникелевая аустенитная сталь 12Х18Н10Т, и это не случайно. Низкая теплопроводность, склонность к адгезионному схватыванию: именно такая комбинация свойств обеспечивает максимально напряженный тепловой режим в зоне резания, а значит, наиболее показательные условия для изучения интересующего нас механизма. Резание проводится сменными многогранными пластинами из ВК8 с износостойким покрытием TiAlN [5]; геометрию каждой пластины контролируют до и после опыта с помощью растрового электронного микроскопа.

Всего проведено 450 серий. Это достаточный объем для статистической значимости, позволяющий отсеять влияние случайных погрешностей.

Температуры регистрируются двояко. Во-первых, в тело резца на разных расстояниях от главной кромки встроены полуискусственные термопары. Во-вторых, показания дублируются инфракрасным пирометром высокого разрешения (1 мс по времени). Мгновенные деформации кромки ловятся лазерным доплеровским виброметром, синхронизированным с высокоскоростной камерой (10 000 кадров в секунду). Такая связка позволяет не просто фиксировать деформации, а видеть, как именно жидкость проникает в зону контакта и в какой момент пленка рвется, и тут же соотносить разрыв с пиком температурной деформации. Что касается теоретической базы, обзор охватывает 185 источников, от классических работ по гидродинамике микротечений до свежих публикаций по термоупругости [6].

Массивы данных обрабатываются в специализированных пакетах для статистики и конечно-элементного моделирования. Регрессионные модели связывают параметры режима резания (скорость, подачу, глубину) с характеристиками просачивания и величиной термической деформации. Отдельная головная боль – фильтрация высокочастотных шумов, порождаемых вибрациями станочной системы; без нее невозможно выделить чистый термоупругий отклик инструментального материала. В итоге удается с достаточной точностью выстроить корреляцию между скоростью изменения температуры и динамической вязкостью эмульсии (водная основа, полимерные присадки) [7].

Аналитическая часть включает верификацию численных моделей: расчетные деформации сопоставляются с экспериментально полученными профилограммами износа. Гипотезы проверяются по критериям Фишера и Стьюдента при уровне значимости 0,05. Главное, чего удается добиться таким подходом – возможность рассматривать процесс резания не как россыпь отдельных факторов, а как целостную термомеханическую систему с обратными связями, в которой поведение жидкости выступает чутким индикатором состояния контакта.

Результаты исследования и их обсуждение

Прежде чем говорить о компенсации, необходимо разобраться с тем, как связаны тепловое расширение контактной площадки и гидравлическое сопротивление тех микрокапилляров, которые возникают в зоне контакта. Нестабильность теплового поля заставляет геометрию зазора непрерывно колебаться. Жидкость движется пульсирующе, и стационарные уравнения Навье-Стокса к этому движению неприменимы. Выбор показателей для первичного анализа определяется простой логикой: нужно установить, как скорость нарастания температуры влияет на пропускную способность интерфейса «стружка–инструмент».

Эксперименты показывают довольно наглядную вещь: стоит температурным градиентам достичь определенных критических значений, как геометрия кромки смещается на величины, сопоставимые с толщиной смазочной пленки. А резкий переход трения из граничного режима в полусухой или даже сухой моментально сказывается на силах резания. Чтобы оценить этот переход количественно, автор выделяет временные интервалы, соответствующие фазам активного тепловыделения и последующей релаксации, и на каждом таком интервале замеряет объем просочившейся жидкости и величину микродеформации (см. табл. 1).

Даже беглый взгляд на цифры обнаруживает выраженную обратную зависимость между микродеформацией и расходом СОЖ, но зависимость эту никак нельзя назвать линейной. Когда деформация вырастает с 2,14 до 9,45 мкм, расход падает больше чем в пять раз. Собственно, этого и следовало ожидать, если принять гипотезу о перекрытии капиллярных каналов за счет термоупругого расширения материала инструмента [8]. Однако кое-что менее очевидно. Коэффициент вариации давления при высоких температурах взлетает до 18,76 %, а это уже указывает на турбулентные вихри и паровые пробки, которые ломают ламинарную картину течения. Любопытно, что обработка разностей второго порядка для столбца

Таблица 1

Зависимость объемного расхода СОЖ от микродеформации кромки и температуры

Температура в зоне контакта, °C	Микродеформация кромки, мкм	Объемный расход СОЖ, мкл/с	Коэффициент вариации давления, %	Индекс термической напряженности
450,25	2,14	12,45	4,32	0,85
520,67	3,08	10,12	5,89	1,12
610,15	4,56	8,34	8,15	1,45
740,89	6,89	5,21	12,44	2,03
880,34	9,45	2,18	18,76	2,89

расхода выявляет точку перегиба около 610 °C как раз там, где скорость падения проницаемости максимальна. И это, между прочим, неплохо коррелирует с фазовыми превращениями, происходящими одновременно и в поверхностных слоях обрабатываемого металла, и в самой жидкости.

Стоит отдельно посмотреть на индекс термической напряженности в связке с деформацией. Отношение приращения деформации к приращению температуры непостоянно. Оно растет по экспоненте, что однозначно говорит о падении модуля упругости инструментального материала при нагреве. В верхнем диапазоне (выше 700 °C) даже незначительные температурные колебания вызывают серьезные скачки геометрии зазора, а подача СОЖ превращается, по сути, в стохастический процесс [9]. Можно ли компенсировать это повышением давления подачи? Формально да, но расчетная производная эффективности давления при критическом перекрытии зазора стремится к нулю. Иначе говоря, «давить сильнее» – тупиковый путь.

Далее исследование переходит к детализации гидродинамики внутри микрозазора с акцентом на вязкость жидкости. С одной стороны, вязкость большинства СОЖ при нагреве резко снижается. Но при высоких контактных давлениях начинает проявляться пьезовязкий эффект, и смазочный слой способен на мгновение фактически затвердеть. Чтобы оценить вклад реологии, автор замеряет динамическую вязкость непосредственно на выходе из контактной зоны и сопоставляет ее с расчетной толщиной пленки (см. табл. 2).

Картина получается не совсем тривиальная. Вязкость падает с 1,85 до 0,98 мПа·с, казалось бы, пленка должна утончаться. Но толщина пленки, наоборот, растет, потому что давление подачи перевешивает эффект термического разжижения, по крайней мере в этом диапазоне параметров. Впрочем, важно не упустить нюанс: эффективность нагнетания падает с ростом давления. Первые 5 МПа дают прирост толщины 0,16 мкм; переход от 15 к 20 МПа – прирост в 0,33 мкм, но тепловой поток растет при этом непропорционально. Скачок до 36,78 Вт/мм^2 при максимальном давлении объясняется, по всей видимости, резким увеличением работы сил вязкого трения внутри самой жидкости. При таких скоростях сдвига это вполне ожидаемо [10].

Кстати, о скоростях сдвига. Их столбец в табл. 2 заслуживает отдельного комментария. Рост с 1,23 до 11,34 ($\times 10^5$ с$^{-1}$) совершенно нелинеен по отношению к давлению, а это прямо свидетельствует о том, что жидкость выходит из ньютоновского режима течения. Вторая производная функции «толщина пленки от давления» показывает насыщение: система упирается в предел, за которым наращивание давления уже мало что дает, а деформация сдвига жидкости достигает своего потолка. Вывод напрашивается сам: компенсационный механизм следует строить не на грубом увеличении давления, а либо на управлении вязкостью, либо – и это, пожалуй, перспективнее – на импульсной подаче, точно синхронизированной с моментами раскрытия зазора.

Следующий шаг – влияние частотных характеристик температурных колебаний на устойчивость пленки. В реальном резании температура ведь не стоит на месте; она пульсирует с частотой, привязанной к сегментации стружки. И тут возможны резонансные ситуации: жидкость может либо полностью вытесняться из зоны контакта, либо, напротив, интенсивно засасываться. Для того чтобы количественно оценить эти эффекты, автор измеряет амплитуды температурных колебаний и соответствующие им значения коэффициента трения (см. табл. 3).

Частота растет на порядок с лишним (со 120 до 1520 Гц), коэффициент трения поднимается с 0,345 до 0,587, что существенно, но не катастрофически. Куда красноречивее стандартное отклонение: рост более чем в десять раз [11]. Это уже не флуктуации, а это распад устойчивого режима. Система переходит в хаотическое чередование: то сухой контакт, то жидкостный, то снова сухой. Энергия активации износа, рассчитанная из температурных данных, нарастает нелинейно, и это подтверждает смену механизма разрушения: от усталостного к адгезионно-термическому по мере роста частоты. Корреляция между амплитудой температуры и коэффициентом трения

Таблица 2

Влияние динамической вязкости на толщину смазочной пленки при различных давлениях

Давление подачи, МПа	Динамическая вязкость, мПа·с	Расчетная толщина пленки, мкм	Скорость сдвига, 10^5 с$^{-1}$	Тепловой поток, Вт/мм^2
2,54	1,85	0,42	1,23	14,56
5,12	1,64	0,58	2,45	16,89
10,35	1,42	0,89	4,67	21,34
15,67	1,15	1,12	7,89	28,12
20,88	0,98	1,45	11,34	36,78

Таблица 3

Зависимость коэффициента трения от частоты и амплитуды температурных колебаний

Частота колебаний, Гц	Амплитуда температуры, °С	Средний коэффициент трения	Стандартное отклонение трения	Энергия активации износа, кДж/моль
120,45	15,6	0,345	0,012	45,23
240,89	28,3	0,389	0,024	52,14
480,34	45,7	0,456	0,048	68,76
960,12	72,4	0,512	0,089	94,32
1520,67	98,1	0,587	0,134	125,45

оказывается очень жесткой, коэффициент порядка 0,98. Процесс выглядит детерминированным. Но анализ приращений открывает другую грань: на высоких частотах (1000 Гц и выше) система элементарно не успевает среагировать на поступление свежей порции СОЖ. Период колебания оказывается короче времени релаксации жидкости [12]. Возникает то, что автором названо «высокочастотным отторжением»: зазор открывается, но жидкость не успевает его заполнить, зазор уже захлопывается. Факт, который говорит о необходимости учитывать инерционность жидкости при проектировании компенсационных механизмов.

Если совместить данные по расходу, вязкости и частотным характеристикам, вырисовывается некое «окно стабильности». До температур примерно 600 °С и частот до 500 Гц гидродинамические силы еще справляются с термоупругим сопротивлением зазора. За этими порогами включается самоорганизация тепловых пятен, локальный перегрев, и инструмент начинает разрушаться. Если наложить кривые деформации на графики вязкости, оптимальная стратегия компенсации становится вполне очевидной: предиктивное изменение давления подачи с упреждением температурного пика на время гидравлического отклика системы [13].

Здесь важно не упустить еще одну вещь. Микродеформации кромки – не единственная проблема. Да, они ограничивают доступ жидкости. Но на определенных фазах колебательного цикла они же способны работать как насос, нагнетая СОЖ в зону контакта. Эффективность этого нагнетания определяется соотношением модуля упругости инструментального материала и сжимаемости жидкости. Нелинейности, обнаруженные в табличных данных источника [14], лишний раз подтверждают, что статические модели для описания реального резания попросту непригодны. Нужны динамические коэффициенты коррекции, привязанные к мгновенной температуре и скорости деформации.

И последнее, что хотелось бы отметить. Главным оказывается не абсолютный размер зазора, а скорость его изменения, которая и определяет градиент давления в жидкости [15]. Когда поверхности смыкаются быстро, в жидкости формируются ударные волны давления, способные вызвать кавитационную эрозию; рост энергии активации износа в табл. 3 – косвенное тому подтверждение. Из этого следует практическая рекомендация: компенсационный механизм должен включать демпфирование высокочастотных пульсаций давления в системе подачи СОЖ.

Выводы. 1. Проведенное исследование выявляет, что динамические микродеформации режущей кромки играют ключевую роль в формировании условий смазки и охлаждения при высокоскоростном резании. Просачивание СОЖ оказывается не тем стационарным процессом, каким его считают, а автоколебательной системой, параметры которой задаются мгновенным состоянием температурного поля и упругостью инструментального материала. Нелинейная зависимость проницаемости контакта от температуры указывает на существование критических режимов, где традиционная подача технологических сред просто перестает работать: микроканалы запираются термически.

2. Обнаруженная связь между частотными характеристиками температурных флуктуаций и устойчивостью смазочной пленки, по мнению автора, открывает достаточно серьезные перспективы для интеллектуального управления металлообработкой. Есть четко определяемый частотный порог, выше которого инерционность жидкости не позволяет ей проникнуть в зону резания; результат – катастрофический износ. Отсюда два практических вектора: во-первых, разработка СОЖ с модифицированной реологией, способных функционировать при сверхвысоких скоростях сдвига и знакопеременных термических нагрузках; во-вторых, создание систем импульсной подачи, синхронизированных с фазами раскрытия микрозазоров. С точки зрения практического приложения результаты ведут к созданию адаптивных станочных комплексов, корректирующих подачу СОЖ в реальном времени – по данным виброакустической эмиссии и температурных деформаций. Алгоритмы, основанные на выявленных закономерностях изменения вязкости и геометрии контакта, должны заметно

повысить ресурс инструмента и качество поверхности за счет стабилизации трибологических условий. Предиктивное управление термоупругим состоянием системы «инструмент–деталь» представляется логичным следующим шагом для технологий высокоскоростной обработки.

3. Для авиакосмической и энергетической отраслей эти результаты имеют особое значение, обработка жаропрочных сплавов там ведется в условиях экстремальных тепловых нагрузок. Понимание механизма компенсации просачивания позволяет оптимизировать режимы резания не только с позиции производительности, но и ради минимизации термических повреждений поверхностного слоя. Дальнейшие исследования, как представляется, стоит сосредоточить на влиянии наноструктурированных присадок к СОЖ на гидродинамику микротечений при нестационарной геометрии границ.

4. Суммируя, можно сказать, что совокупность экспериментальных данных и результатов моделирования создает основу для пересмотра действующих нормативов назначения режимов смазки и охлаждения. Уход от эмпирического подбора к научно обоснованному управлению гидродинамикой контактной зоны обещает качественный скачок в эффективности механообработки. Разработанная методология оценки проницаемости контакта, помимо прочего, может быть адаптирована под задачи диагностики состояния инструмента как косвенный метод контроля износа без остановки технологического процесса.

Список литературы

1. *Кисель А. Г., Реченко Д. С., Выборов С. С.* Подбор смазочно-охлаждающей жидкости при токарной обработке деталей подвижного состава // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: мат-лы Второй Всеросс. науч.-технич. конф. с междунар. уч. Омск: 2013. С. 99–105.

2. *Пат*. № 5842 Респ. Беларусь. Способ получения смазочно-охлаждающей жидкости для обработки металлов резанием // В. А. Смуругов, В. Х. Русый, И. И. Злотников и др. Опубл. 30.12.2003.

3. *Кисель А. Г.* Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на силы резания при токарной обработке деталей подвижного состава // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: мат-лы Всеросс. науч.-технич. конф. с междунар. уч. Омск: 2012. С. 130–133.

4. *Иванова Т. Н.* Повышение эффективности алмазного шлифования плоских поверхностей путем подачи смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания: дис. ... канд. техн. наук. Ижевск: 1999. 187 с.

5. *Злотников И. И., Хило П. А., Зубрицкий М. И.* Полимеросодержащая смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки стекла // Современные проблемы машиноведения: тезисы докладов VI Междунар. науч.-технич. конф. (научные чтения, посвященные П. О. Сухому). Гомель: 2006. С. 55–56.

6. *А. с.* № 1595890 СССР Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов // Т. С. Райкова, Р. Г. Шляшинский, А. А. Вахрамеева и др. Опубл. 30.09.1990.

7. *Джемилов Э. Ш., Бекиров Э. Л., Джемалядинов Р. М.* Влияние метода подачи смазочно-охлаждающей жидкости на контактные процессы в давления сверления // Инновационное станкостроение, технологии и инструмент: матлы I Междунар. науч.-практич. конф. Гомель: 2024. С. 56–58.

8. *Манвелов А. Н.* Роль модернизации смазочно-охлаждающей жидкости в улучшении условий труда и производительности металлообрабатывающих станков // Образование и наука: современное состояние и перспективы развития: сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. науч.-практич. конф. Тамбов: 2013. С. 78–80.

9. *Безнедельный А. И., Синдеев В. И.* Выбор материала инструмента в смазочно-охлаждающей жидкости при импульсной упрочняюще-чистовой обработке ультразвуковым инструментом // Новые методы упрочнения и обработки металлов: межвузовский сб. науч. тр. Новосибирск: 1979. С. 90–101.

10. *Святкин А. Н., Данилов Ю. М., Пачевский В. М.* Назначение смазочно-охлаждающей жидкости при шлифовании деталей из кварца // Прогрессивные технологии и оборудование в электронике и машиностроении: межвузовский сб. науч. тр. Воронеж: 2003. С. 90–92.

11. *А. с.* № 484245 СССР. Способ обработки смазочно-охлаждающей жидкости // В. В. Подгорков, В. Н. Латышев, Р. И. Карабанов и др. Опубл. 15.09.1975.

12. *Худобин Л. В., Булыжев Е. М.* Технологии и техника применения смазочно-охлаждающих жидкостей при механической обработке: уч. пособ. Старый Оскол: ТНТ. 2016. 369 с.

13. *Вадивасов П. В., Бочкарев П. Ю.* Повышение эффективности суперфиниширования путем рационального применения смазочно-охлаждающей жидкости // Современные инновации в науке и технике: мат-лы 3-й Междунар. науч.-практич. конф. Курск: 2013. С. 32–34.

14. *Депонированная* рукопись № 710-В94. Способ очистки смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) // Л. А. Воропанова, А. С. Швыдко. 23.03.1994. 10 с.

15. *Кисель А. Г., Ражковский А. А., Попов А. Ю.* и др. Охлаждающая способность смазочно-охлаждающих жидкостей применяемых при обработке деталей подвижного состава // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: мат-лы Всеросс. науч.-технич. конф. с междунар. уч. Омск: 2012. С. 126–130.

References

1. Kisel A. G., Rechenko D. S., Vyborov S. S. Selection of cutting fluid in turning of rolling stock parts. *Technological support of repair and improvement of dynamic characteristics*

of railway rolling stock: proceedings of the Second All-Russian scientific and technical conference with international participation. Omsk, 2013, pp. 99–105.

2. Smurugov V. A., Rusyj V. H., Zlotnikov I. I. et al. *Sposob polucheniya smazochno-ohlazhdayushchej zhidkosti dlya obrabotki metallov rezaniem* [Method for producing cutting fluid for metal cutting]. Patent no. 5842 of the Republic of Belarus, publ. 30.12.2003.

3. Kisel A. G. Influence of cutting fluid on cutting forces during turning of rolling stock parts. *Operational reliability of the locomotive fleet and improvement of train traction efficiency: proceedings of the All-Russian scientific and technical conference with international participation*. Omsk, 2012, pp. 130–133.

4. Ivanova T. N. *Povyshenie effektivnosti almaznogo shlifovaniya ploskih poverhnostej putem podachi smazochno-ohlazhdayushchej zhidkosti v zonu rezaniya* [Increasing the efficiency of diamond grinding of flat surfaces by supplying cutting fluid to the cutting zone: Candidate's thesis]. Izhevsk, 1999, 187 p.

5. Zlotnikov I. I., Khilo P. A., Zubritskii M. I. Polymer-containing cutting fluid for glass machining. *Modern problems of machine science: abstracts of the VI International scientific and technical conference (scientific readings dedicated to P. O. Sukhoi)*. Gomel, 2006, pp. 55–56.

6. Raikova T. S., Shlyashinskii R. G., Vakhrameeva A. A. et al. *Smazochno-ohlazhdayushchaya zhidkost' dlya mekhanicheskoj obrabotki metallov* [Cutting fluid for metal machining]. Author's certificate USSR no. 1595890, publ. 30.09.1990.

7. Dzhemilov E. Sh., Bekirov E. L., Dzhemalyadinov R. M. Influence of the method of supplying cutting fluid on contact processes in pressure drilling. *Innovative machine-tool engineering, technologies and tools: proceedings of the I International scientific and practical conference*. Gomel, 2024, pp. 56–58.

8. Manvelov A. N. Role of modernization of cutting fluid in improving working conditions and productivity of metal-cutting machines. *Education and science: current state and development prospects: collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference*. Tambov, 2013, pp. 78–80.

9. Beznedelnyi A. I., Sindeev V. I. Selection of tool material in cutting fluid under impulse strengthening and finishing using an ultrasonic tool. *New methods of metal strengthening and processing: interuniversity collection of scientific papers*. Novosibirsk, 1979, pp. 90–101.

10. Svyatkin A. N., Danilov Yu. M., Pachevskii V. M. Purpose of cutting fluid in grinding of quartz parts. *Advanced technologies and equipment in electronics and mechanical engineering: interuniversity collection of scientific papers*. Voronezh, 2003, pp. 90–92.

11. Podgorkov V. V., Latyshev V. N., Karabanov R. I. et al. *Sposob obrabotki smazochno-ohlazhdayushchej zhidkosti* [Method for treating cutting fluid]. Author's certificate no. 484245 USSR, publ. 15.09.1975.

12. Khudobin L. V., Bulyzhev E. M. *Tekhnologii i tekhnika primeneniya smazochno-ohlazhdayushchih zhidkostej pri mekhanicheskoj obrabotke* [Technologies and techniques for the application of cutting fluids in machining: textbook]. Stary Oskol, TNT Publ., 2016, 369 p.

13. Vadivasov P. V., Bochkarev P. Yu. Increasing the efficiency of superfinishing through rational application of cutting fluid. *Modern innovations in science and technology: proceedings of the 3rd International scientific and practical conference*. Kursk, 2013, pp. 32–34.

14. Voropanova L. A., Shvydko A. S. *Sposob ochistki smazochno-ohlazhdayushchej zhidkosti (SOZh)* [Method for cleaning cutting fluid]. Deposited manuscript no. 710-V94 dated 23.03.1994, 10 p.

15. Kisel A. G., Razhkovskii A. A., Popov A. Yu. et al. Cooling capacity of cutting fluids used in machining of rolling stock parts. *Operational reliability of the locomotive fleet and improvement of train traction efficiency: proceedings of the All-Russian scientific and technical conference with international participation*. Omsk, 2012, pp. 126–130.

РЕМОНТ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, РЕНОВАЦИЯ

УДК 621.396

Ю. Г. ПАСТЕРНАК, Д. К. ПРОСКУРИН, доктора техн. наук; С. М. ФЁДОРОВ, канд. техн. наук; Е. А. ИЩЕНКО, аспирант (ВГТУ, г. Воронеж)
E-mail: kursk1998@yandex.ru
Yu. G. Pasternak, D. K. Proskurin, S. M. Fedorov, E. A. Ishchenko (Voronezh State Technical University, Voronezh)

Антенная система из патч-излучателей с двумя ортогональными линейными поляризациями

Antenna system of patch radiators with two orthogonal linear polarizations

Приводится антенная система из патч-излучателей с двумя ортогональными линейными поляризациями. Базой антенной системы является применение двух апланатических линз. При проведении электродинамического моделирования антенной системы на частоте 12 ГГц для среднего порта коэффициент направленного действия системы равен 20,49 дБ. Уровень боковых лепестков (УБЛ) антенной системы на частоте 12 ГГц при проведении электродинамического моделирования равен –10,5 дБ. Рассматриваемая разработка имеет возможность коммутационного сканирования по азимуту. В зависимости от запитываемого порта луч диаграммы направленности будет иметь возможность отклоняться от начального направления излучения. Указываются материалы, из которых изготавливается антенная система, и рассматривается возможность получения составных частей антенны обработкой давлением.

This article presents an antenna system consisting of patch radiators with two orthogonal linear polarizations. The antenna system is based on the use of two aplanatic lenses. Electrodynamic modeling of the antenna system at a frequency of 12 GHz for the middle port revealed a directivity of 20,49 dB. The sidelobe level (SLL) of the antenna system at a frequency of 12 GHz during electrodynamic modeling is –10,5 dB. The design under consideration has the capability of switching scanning in azimuth. Depending on the fed port, the beam pattern can deviate from the initial radiation direction. The materials from which the antenna system is manufactured are specified, and the possibility of fabricating antenna components by pressure treatment is considered.

Ключевые слова: коммутационное сканирование; апланатическая линза; патч-излучатели; ортогональная линейная поляризация.

Keywords: switching scanning; aplanatic lens; patch emitters; orthogonal linear polarization.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (проект № FZGM-2025-0004).

Линзовые структуры имеют довольно широкое применение во многих областях в радиосвязи. Для инженеров, занимающихся разработкой антенн и линзовых структур для реализации систем широкоугольного сканирования, важным моментом при разработке является преодоление ситуаций аберраций и комы. Кроме того, необходимо предотвратить снижение направленности антенны при нецентральном расположении облучателя относительно фокальной оси линзовой структуры. Чтобы не столкнуться с данными проблемами, инженеры применяют линзовые структуры со специальной конструкцией. Особая конструкция таких линз дает возможность избежать аберраций и комы, почти не ухудшая направленность антенных систем. Линзы с такими свойствами называются апланатическими линзами, которые удовлетворяют условию Аббе. Они дают возможность реализации безыскаженного широкоугольного скани-

рования луча диаграммы направленности [1]. Низкий уровень боковых лепестков диаграммы направленности и максимально возможная неизменность главного лепестка при его отклонении от первоначального направления обязательны во многих приложениях, подразумевающих возможность сканирования луча.

В системах с использованием линзовых структур традиционно применяются облучатели, линзы не применяются самостоятельно. Рассмотрим примеры антенных систем с применением апланатических линз. В работе [2] плоская апланатическая линза располагается внутри плоско-параллельного волновода. Антенна имеет возможность работы с линейной поляризацией. КУ (коэффициент усиления) системы соответствует величине от 20 до 24 дБ. Сканирование луча по одной координате реализуется на частотах от 24 до 24,25 ГГц. Материал используемой линзы – это диэлектрик, у которого показатель преломления равен величине 1,6. УБЛ антенны равен величине от –15 до –20 дБ при диапазоне сканирования до ±30°. Минус такой антенны – возможность работы с единственной поляризацией.

В работе [3] рассматривается приведенная многолучевая зеркально-линзовая апланатическая антенна. Найдено приближенное аналитическое решение задачи синтеза образующих интегральной осесимметричной апланатической зеркально-линзовой системы в виде рядов по степеням радиуса. Для частного случая системы с нахождением источника на поверхности линзы решение задачи синтеза приводится к дифференциальному уравнению, с применением которого полается приближенное аналитическое решение. Многолучевая антенна на основе оптимизированной зеркально-линзовой системы обеспечивает коэффициент использования поверхности более 0,5 при отношении диаметра апертуры системы к длине волны, равном величине 50, в угле зрения 38° и при отношении диаметра апертуры системы к длине волны, равном по величине 100 – в угле зрения 32°.

Плоские антенные линзовые системы также могут разрабатываться на основе линзы Люнеберга, где показатель преломления не является постоянным, а изменяется по определенному закону. Одним из вариантов построения плоской веерной антенны миллиметрового диапазона на основе линзы Люнеберга можно рассмотреть в работе [4]. Теоретически удается добиться хороших характеристик линзы, но в работе не приводятся результаты моделирования трехмерной диаграммы направленности и результаты реальных измерений физического макета прототипа. К тому же изготовление линзы Люнеберга является более сложным технологически и дорогостоящим, чем апланатической линзы, так как в линзе Люнеберга коэффициент преломления не постоянен.

В статье [5] показана многолепестковая антенна в форме волновода. Располагается апланатическая линза спереди раскрыва рупора. Материалом используемой линзы является полистирол, у которого показатель преломления равен величине 2,56. При проведении электродинамического моделирования при использовании заданного порта запитки на 1,7 ГГц коэффициент стоячей волны по напряжению соответствует по величине 11. На низких частотах согласование антенны очень слабое. Рост по величине частоты с 2 ГГц и более улучшает согласование до величины, приблизительно равной 2. КУ (коэффициент усиления) основного лепестка на 3 ГГц соответствует величине 12,9 дБ. На более высоких частотах картина направленности системы становится чуть лучше. Снижение эффективности функционирования апланатической линзы на низких частотах связано с искажениями, вызванными дифракцией. Эти искажения возникают из-за того, что фокусное расстояние линзы становится малым по сравнению с длиной волны. Приведенная в вышеуказанной статье система имеет возможность работы лишь с одной поляризацией, это также является недостатком.

Рассматриваем модернизацию конструкции антенны из вышеупомянутой статьи. Предлагается антенная система из патч-излучателей с двумя ортогональными линейными поляризациями. Достоинством измененной конфигурации является возможность работы с двумя поляризациями. Основа рассматриваемой антенной системы – две апланатические линзы. Используется три медных листа, которые организуют волноводную структуру. Среди листов меди находятся две преломляющие линзы из полистирола. Также имеются выходные решетки из патч-излучателей, на которые поступает волна с выравненным фронтом после линзы. Применяется линза непосредственно для того, чтобы выровнять фронты волн. Изготовлена линза из полистирола для избежания появления лишних потерь на диэлектрике (полистирол имеет довольно малый показателя тангенса угла диэлектрических потерь). Коммутационное сканирование в разработке осуществляется по азимуту. Управлять лучом диаграммы направленности по углу места можно, разместив такую же антенную решетку из используемых подрешеток по вертикали. Достоинством рассматриваемой модернизированной конструкции является возможность работы системы с двумя поляризациями. В общем случае сканирование луча диаграммы направленности может осуществляться в одной или нескольких плоскостях, в рассматриваемой разработке сканирование осуществляется в азимутальной плоскости.

Запитка системы происходит через порты, в предложенной конструкции их 62. Половина из них соот-

ветствует верхней линзе, а вторая половина – нижней. Энергия поступает на патч-излучатель, расположенный рядом с запитываемым портом, после этого энергия поступает на преломляющую апланатическую линзу, где фронты волн выпрямляются. После этого электромагнитная волна переходит на выходные патч-излучатели, с которых происходит непосредственно излучение энергии в пространство. Добавляется ряд патч-излучателей для некоторого ускорения моделирования, так как полученный результат моделирования без искажений с дополнительным рядом патчей показывает возможность применения двух таких систем параллельно, и, соответственно, нет необходимости проводить моделирование для двух систем сразу.

На рис. 1 показана разработанная система и элементы из полистирола, которые не видны, скрыты за слоями меди: две линзы и основания решеток из патчей.

Для каждой преломляющей линзы имеется отдельная решетка из патчей для подачи энергии.

На рис. 2 излучатели изображены более подробно. В левой части рисунка слой полистирола скрыт, в правой части рисунка слой полистирола отображен.

На рис. 3 более подробно представлено устройство возбуждения и сам антенный элемент. Для бóльшей наглядности слои полистирола скрыты.

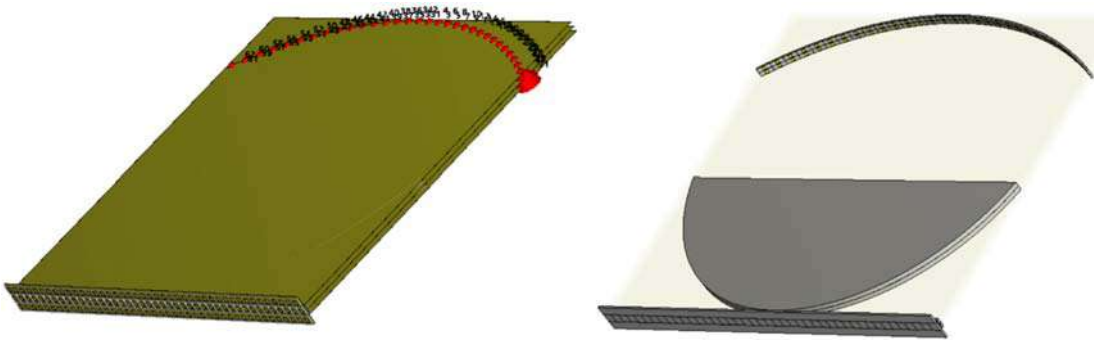


Рис. 1. Антенная система и элементы из полистирола

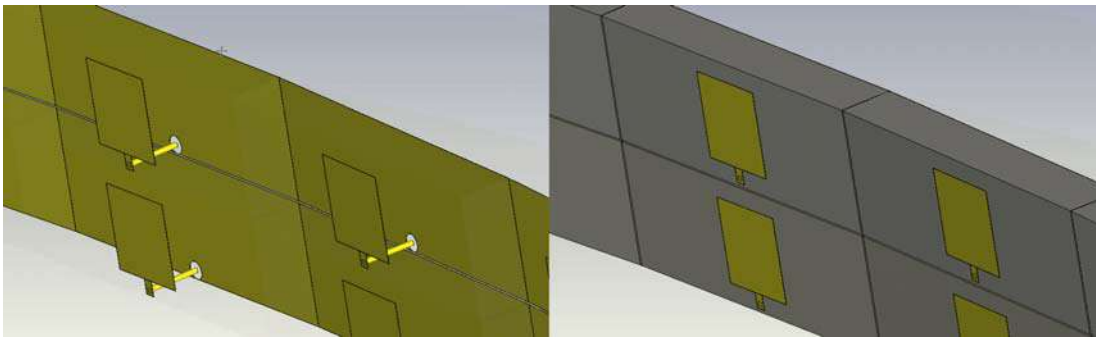


Рис. 2. Излучатели

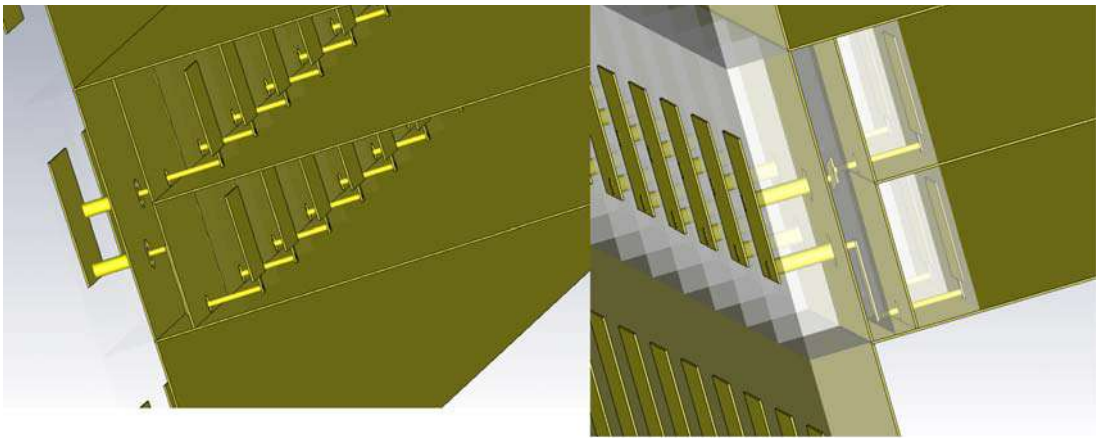


Рис. 3. Устройство возбуждения и сам антенный элемент

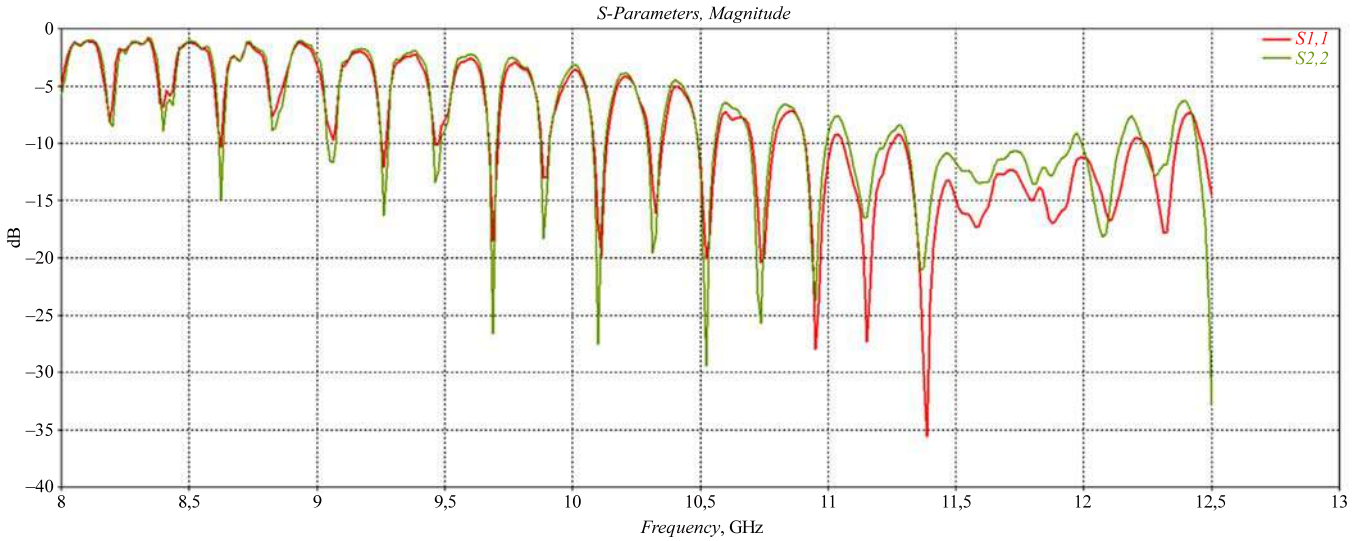


Рис. 4. Возвратные потери для 1 и 2 портов

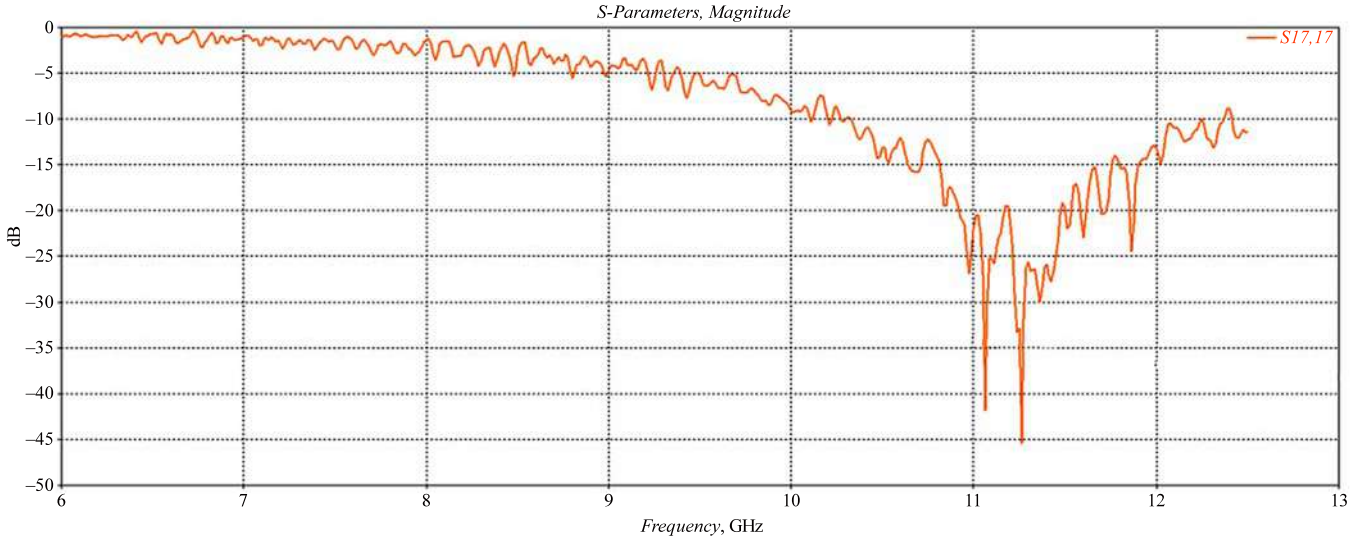


Рис. 5. График *S*-параметров возвратных потерь для порта, находящегося между средним и самым крайним портами

Проводящие элементы антенны изготавливаются из металла (меди), на рисунках обозначены желтым цветом. Диэлектриком в антенне является полистирол с показателем преломления 2,56, полистирол на рисунках обозначен серым цветом. Тангенс угла диэлектрических потерь материала полистирол равен по величине 0,0002, что указывает на низкие диэлектрические потери, характерные для хорошего изоляционного материала. Металлические листы из меди, образующие плоско-параллельный волновод, возможно изготавливать под давлением методом прокатки металла. Диэлектрические элементы из полистирола возможно изготавливать путем литья полимера под давлением. Это позволит получать изделие требуемой формы путем впрыска под давлением расплавленного полимера в форму. Давление помогает полностью заполнить все детали формы и обеспечить плотное прилегание материала к стенкам формы.

На рис. 4 приводится график возвратных потерь, полученный в ходе выполнения электродинамического моделирования антенны в программном обеспечении *CST Microwaves Studio*. График показан для портов, расположенных в середине решетки – 1 и 2. $S_{1,1}$ параметр на рисунке показан красной линией, а $S_{2,2}$ параметр показан зеленой линией. График возвратных потерь для 1 и 2 портов имеет такую форму из-за применения линзы. Резонансы появляются из-за применяемой диаграммообразующей схемы на основе преломляющей линзы.

На рис. 5. расположен график *S*-параметров возвратных потерь для порта, находящегося между средним и самым крайним портами – 17.

На рис. 6 показана трехмерная диаграмма направленности (ДН) для частоты 12 ГГц, полученная в результате проведения моделирования для среднего порта решетки. Коэффициент направленного действия антенной системы равен 20,49 дБи; УБЛ –10,5 дБ.

На рис. 7 показана трехмерная диаграмма направленности (ДН) для частоты 11,6 ГГц, полученная в результате проведения моделирования для 17 порта решетки. Коэффициент направленного действия антенной системы равен 18,06 дБи.

Явно можно заметить, как происходит отклонение луча от излучения по нормали. Результаты моделирования показывают, что удается осуществить отклонения луча для реализации сканирования.

На рис. 8 показано электрическое поле для 11,6 ГГц второго порта. Явно можно заметить изменение формы сферического фронта волны на плоский за преломляющей линзой.

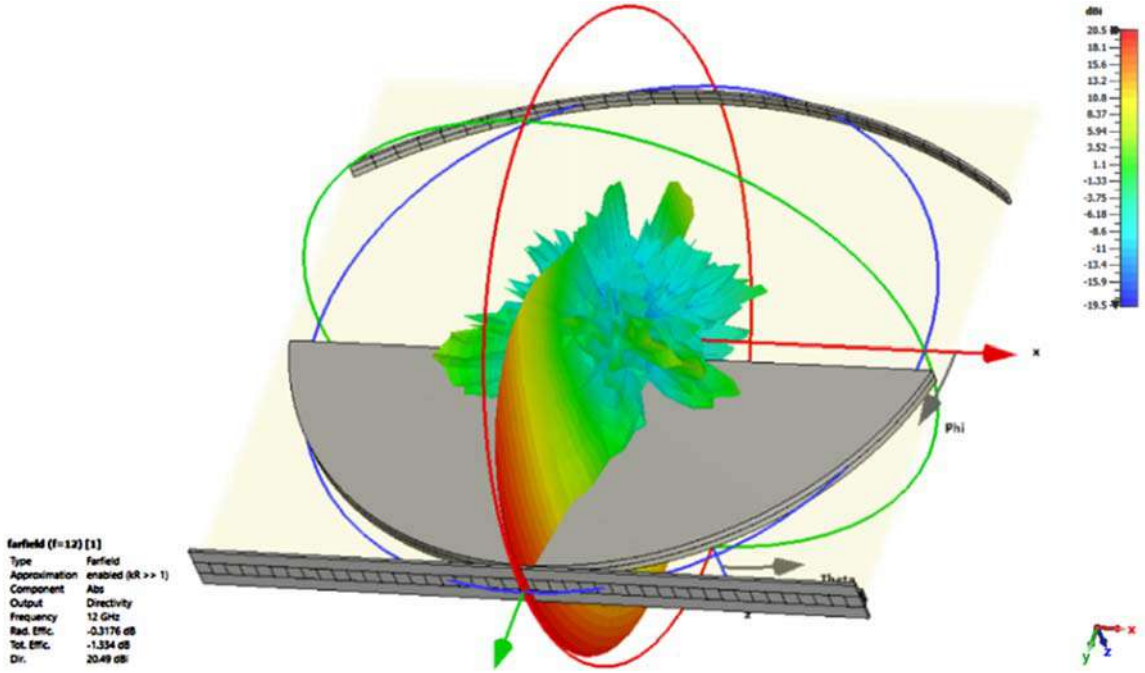


Рис. 6. Трехмерная диаграмма направленности

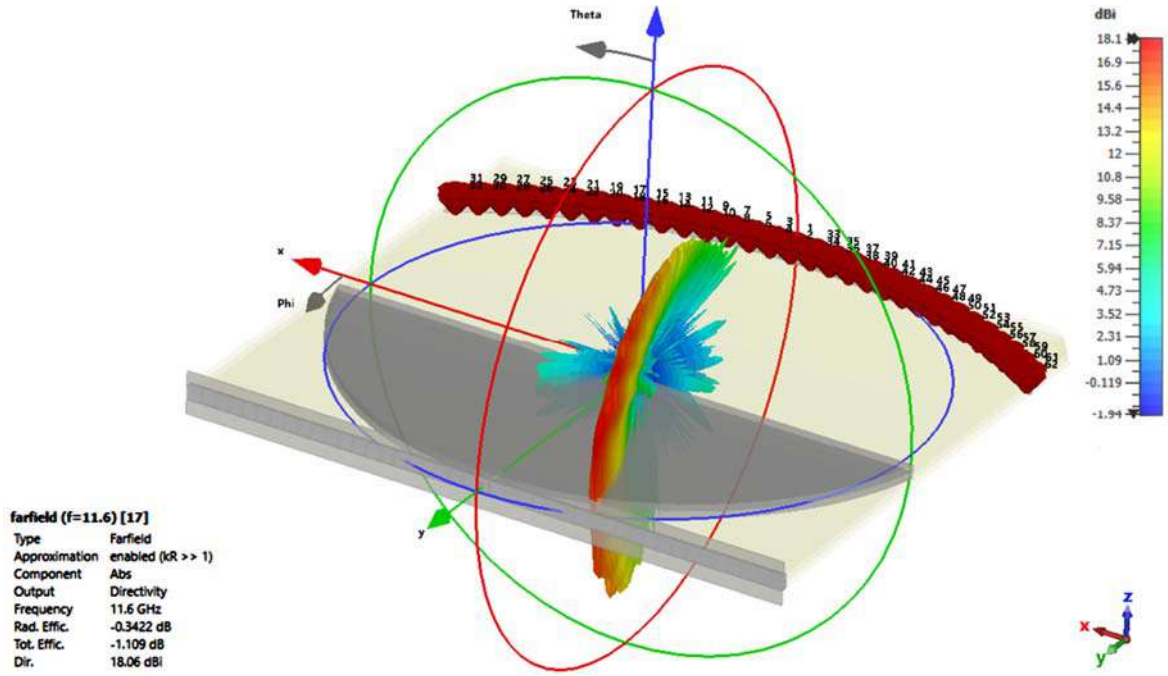


Рис. 7. ДН 17 порта на частоте 11,6 ГГц

На рис. 9 показано магнитное поле для 11,6 ГГц второго порта. Можно заметить изменение формы сферического фронта волны на плоский за преломляющей линзой.

На рис. 10 располагается график параметра антенной системы – эффективность излучения. График составлен для центральных портов системы 1 и 2.

Видно, что для порта 1 (красная линия) в диапазоне частот от 10,7 до 12,5 ГГц максимальная величина эффективности излучения находится на частоте 10,8 ГГц и составляет величину 0,945. Минимальная величина параметра – на частоте 12,3 ГГц и составляет 0,915 ед.

Для порта 2 (зеленая линия) в диапазоне частот от 10,7 до 12,5 ГГц максимальная величина эффективности излучения находится на частоте 11 ГГц и составляет величину 0,938. Минимальная величина параметра – на частоте 12,3 ГГц и составляет 0,904 ед.

На рис. 11 располагается график параметра антенной системы – КПД (подразумевает учет всех потерь).

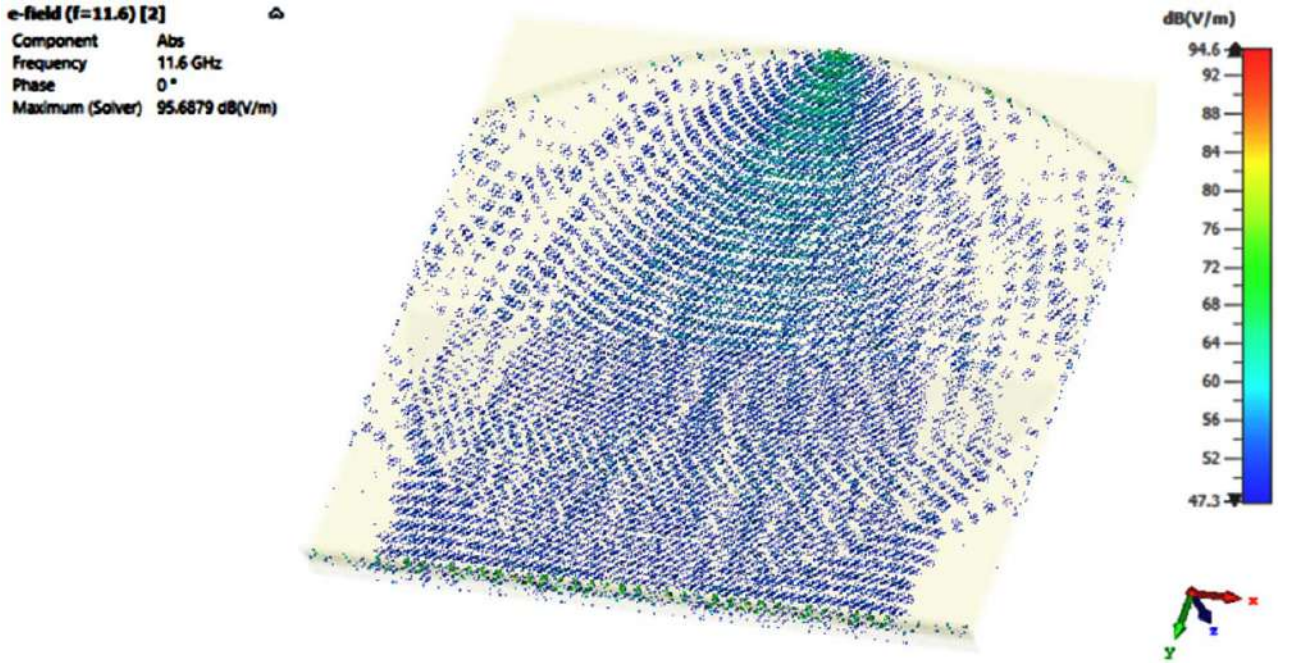


Рис. 8. Электрическое поле

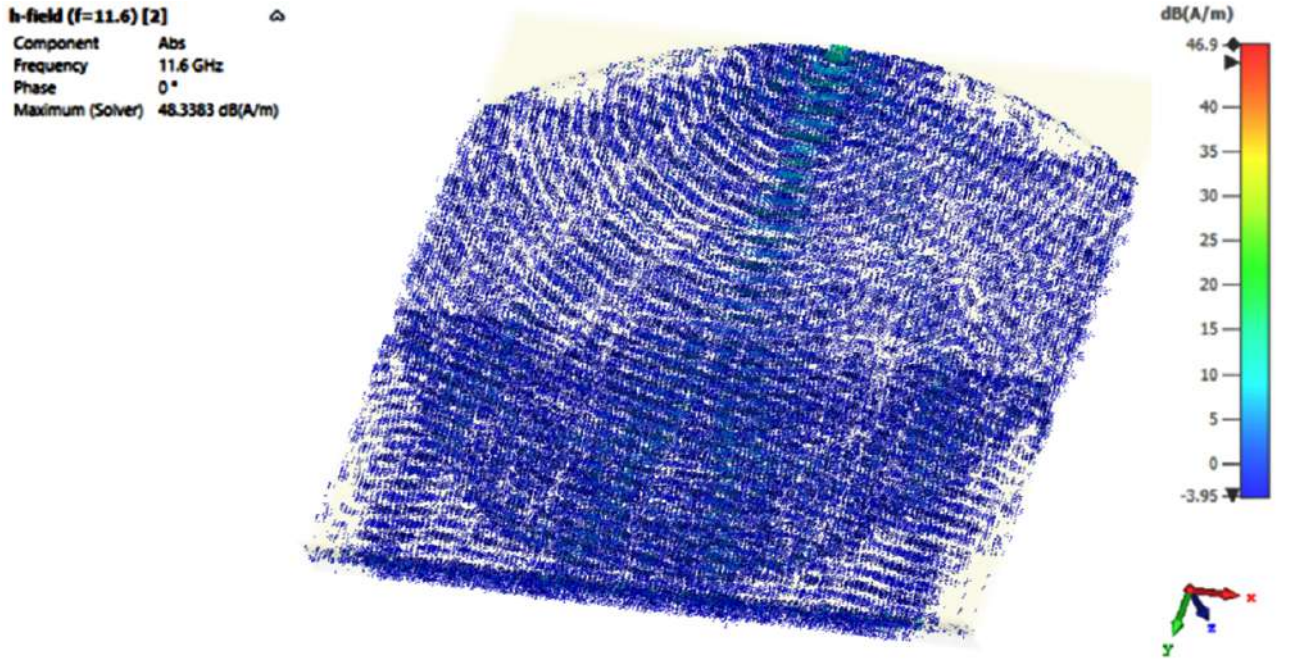


Рис. 9. Магнитное поле

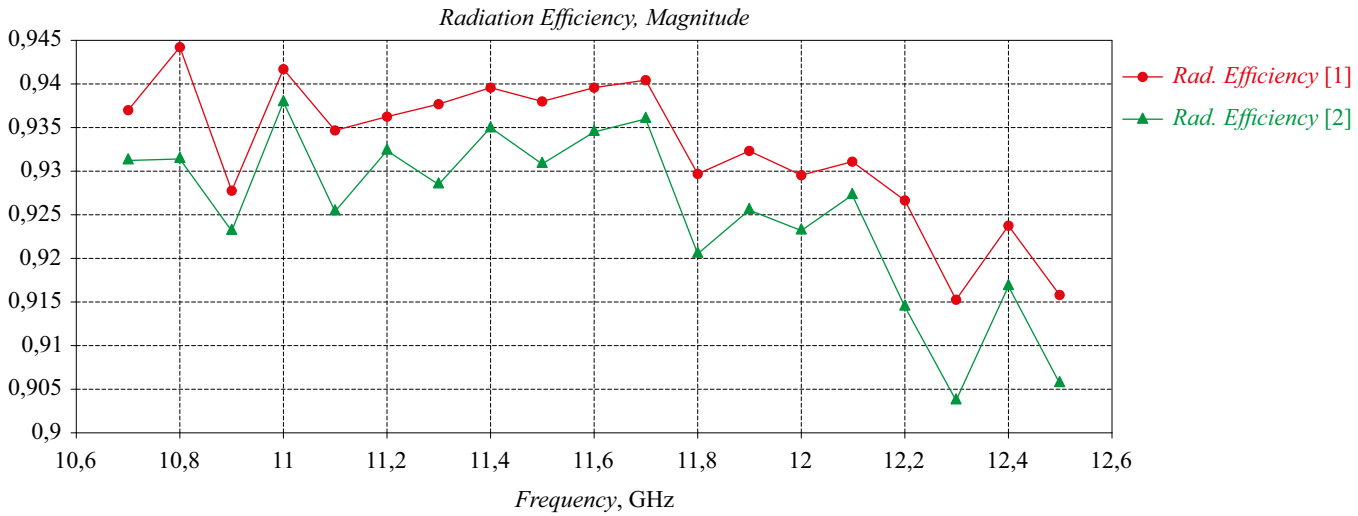


Рис. 10. Эффективность излучения для портов 1, 2

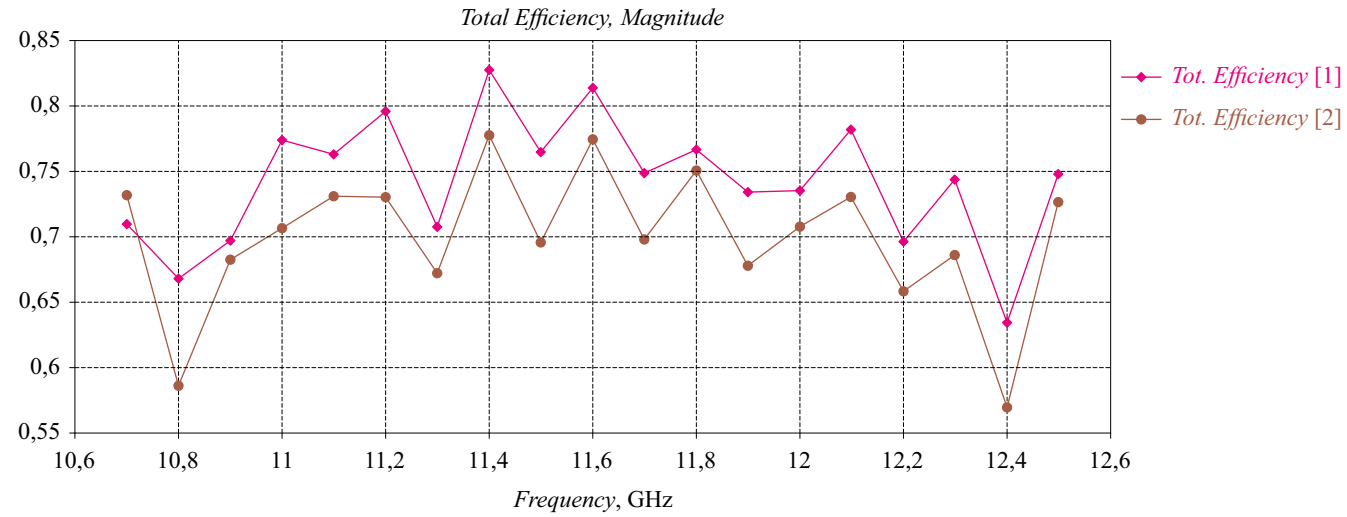


Рис. 11. КПД для портов 1, 2

Выявлено, что для порта 1 (фиолетовая линия) в диапазоне частот от 10,7 до 12,5 ГГц максимум КПД находится на частоте 11,4 ГГц и составляет величину 0,83. Минимум КПД – на частоте 12,4 ГГц и составляет 0,64 ед. Для порта 2 (коричневая линия) в диапазоне частот от 10,7 до 12,5 ГГц максимум КПД находится на частоте 11,4 ГГц и составляет величину 0,78. Минимум КПД – на частоте 12,4 ГГц и составляет 0,57 ед.

Выводы. 1. Приведена конструкция разработанной антенной системы из патч-излучателей с двумя ортогональными линейными поляризациями, также проведено электродинамическое моделирование разработанной системы.

2. В результате проведения электродинамического моделирования получено, что на частоте 12 ГГц для среднего порта решетки коэффициент направленного действия равен 20,49 дБи. УБЛ в таком случае равен –10,5 дБ.

3. Преимуществом предложенной конструкции является возможность работы с двумя поляризациями. Показана возможность осуществления сканирования луча диаграммы направленности благодаря использованию диаграммообразующей схемы на основе апланатической линзы.

4. Демонстрируется возможность изготовления составных частей антенны методами обработки давлением.

Список литературы

1. *Чистюхин В. В.* Антенно-фидерные устройства. М.: МИЭТ. 2010. 114 с.

2. *Белозерцев Ю. В., Галуза М. А., Климов А. И.* Полосковые антенные решетки с многолучевыми диаграммообразующими системами на основе плоских линз // Вестник Воронежского института МВД России. 2021. № 2. С. 169–179.

3. *Венецкий А. С., Калошин В. А., Чинь Ван Туан* Многолучевая зеркально-линзовая апланатическая антенна // Журнал радиоэлектроники. 2025. № 4.

4. *Wu X., Laurin J.-J.* Fan-Beam Millimeter-Wave Antenna Design Based on the Cylindrical Luneberg Lens // IEEE Transactions on antennas and propagation. 2007. Vol. 55. № 8.

5. *Авдюшин А. С., Ашихмин А. В., Пастернак Ю. Г., Фёдоров С. М.* Использование метода виртуальных лучей для анализа сверхширокополосной многолучевой антенной решетки с апланатической линзой // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2013. Т. 9. № 6–1. С. 56–58.

References

1. Chistyukhin V. V. *Antenno-fidernye ustrojstva* [Antenna-feeder devices]. Moscow, MIET, 2010, 114 p.

2. Belozertsev Yu. V., Galuza M. A., Klimov A. I. Strip antenna arrays with multibeam beamforming systems based on flat lenses. *Vetnik of Voronezh Institute of the Ministry of Interior of Russia*, 2021, no. 2, pp. 169–179.

3. Venetsky A. S., Kaloshin V. A., Chin Van Tuan Multibeam mirror-lens aplanatic antenna. *Journal of Radio Electronics*, 2025, no. 4.

4. Wu X., Laurin J.-J. Fan-Beam Millimeter-Wave Antenna Design Based on the Cylindrical Luneberg Lens. *IEEE Transactions on antennas and propagation*, vol. 55, no. 8.

5. Avdyushin A. S., Ashikhmin A. V., Pasternak Yu. G., Fedorov S. M. Using the virtual ray method for analyzing an ultra-wideband multibeam antenna array with an aplanatic lens. *Bulletin of the Voronezh State Technical University*, 2013, vol. 9, no. 6–1, pp. 56–58.

Вниманию подписчиков!

Обращаем Ваше внимание на то, что с начала 2010 года издается *журнал под названием «Кузнечно-штамповочное производство»*, выпускаемый неким Жарковым В. А. и **не имеющий никакого отношения к нашему журналу «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»**.

Использование Жарковым В. А. для своего издания первой части названия журнала «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением» вводит в заблуждение наших подписчиков. **Журнал, издаваемый Жарковым В. А., имеет совершенно другую тематическую направленность, он не входит в перечень ВАКа и по сути является сборником трудов самого Жаркова В. А.**

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

УДК 004.62

Г. А. ГАРЕЕВА, канд. пед. наук (Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ (Набережночелнинский филиал), г. Набережные Челны); А. Г. ФАЙЗУЛЛИНА, А. Р. НОВИКОВА (Набережночелнинский институт (филиал) КФУ, г. Набережные Челны); И. И. ФРОЛОВА, канд. соц. наук; А. А. МИРСАИТОВА (Казанский инновационный университет им. В. Г. Тимирясова, г. Набережные Челны)

E-mail: gagareeva1977@mail.ru

G. A. Gareeva (KNRTU-KAI's Branch in Naberezhnye Chelny, Naberezhnye Chelny); A. G. Fayzullina, A. R. Novikova (Kazan Federal University – Naberezhnye Chelny Institute, Naberezhnye Chelny); I. I. Frolova, A. A. Mirsaitova (Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov, Naberezhnye Chelny)

Создание системы автоматизированного управления вентиляционными установками на базе контроллера Kinco

Creating an automated control system for ventilation units based on the Kinko controller

Рассматривается реализация автоматизированной системы управления приточной и вытяжной вентиляцией на базе контроллера Kinco в рамках задач автоматизации производственного управления. Программа реализуется с разработанным HMI-интерфейсом в DTools и настроенным обменом данными по протоколу Modbus через среду KincoBuilder. Подробно описываются этапы разработки, архитектура системы и достигнутые результаты.

This article discusses the implementation of an automated control system for supply and exhaust ventilation based on the Kinco controller for industrial control automation. The program is implemented with an HMI interface developed in DTools and configured for Modbus data exchange via the KincoBuilder environment. The development stages, system architecture and results achieved are described in detail.

Ключевые слова: автоматизация; вентиляция; Kinco; DTools; KincoBuilder; Modbus; производственное управление; SCADA.

Keywords: automation; ventilation; Kinco; DTools; KincoBuilder; Modbus; industrial control; SCADA.

Автоматизация производственного управления – это комплексное применение автоматических устройств, вычислительной техники и информационных технологий для решения задач управления производственным процессом на всех его уровнях.

В условиях современных производств особое внимание уделяется обеспечению качественного микроклимата, особенно в цехах с повышенной тепловой или пылевой нагрузкой. Приточно-вытяжные системы (ПВС) являются важным элементом инженерной инфраструктуры, напрямую влияя на производительность труда, безопасность сотрудников и сохранность оборудования. Однако ручное управление вентиляционными установками неэффективно и не позволяет оперативно адаптировать параметры работы к текущим условиям.

Цель данной работы – создание системы автоматизированного управления приточно-вытяжной вентиляцией на базе ПЛК *Kinco* с учетом следующих требований:

- автоматизация включения/выключения вентиляторов;
- поддержание заданных температурных и временных режимов;
- настройка аварийной логики (пожарная сигнализация, отказ вентилятора);
- визуализация параметров и управление с панели оператора;

- внешний обмен данными по протоколу Modbus для возможной интеграции в *SCADA*.

SCADA-система (*Supervisory Control And Date Acquisition*) – система сбора данных и оперативного диспетчерского управления, которая представляет собой универсальное многофункциональное программное обеспечение систем верхнего уровня автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Это программное обеспечение позволяет оперативному персоналу наиболее эффективно управлять технологическим процессом и контролировать его протекание [1].

Для реализации данной автоматизированной системы используются:

- контроллер *Kinco* серии *K6* и сопутствующие модули расширения под все необходимые сигналы на принятие и передачу;
- среда программирования *KincoBuilder* для написания логики управления;
- среда *DTools* для разработки интерфейса оператора (*HMI*);
- протокол *Modbus RTU/ASCII* – для внешнего взаимодействия с другими системами (например, *SCADA*).

Программная логика автоматизации разрабатывается в среде *KincoBuilder* с использованием языка *Ladder Diagram* (*LD*) в соответствии со стандартом *IEC 61131-3*, что обеспечивает высокую читаемость и надежность при работе с дискретными сигналами и логикой управления. Проект разбит на множество подпрограмм (*Subroutine*, *SBR*), каждая из которых отвечает за строго определенную функциональность системы. Такой модульный подход упрощает отладку, масштабирование и сопровождение проекта. Дерево проекта в программе *KincoBuilder* показано на рис. 1.

Ниже приведено краткое описание ключевых подпрограмм и их взаимосвязи:

1. Подсистема обработки сигналов с датчиков:

SBR00 Sensors – сбор данных с аналоговых и цифровых датчиков: наружной температуры, температуры приточного и возвратного воздуха, датчика воды;

SBR02 Sensor_T1_Outdoor, SBR03 Sensor_T2_Supply, *SBR04 Sensor_T3_Return_Water* – индивидуальная обработка каждого температурного канала, масштабирование и фильтрация сигналов.

2. Логика запуска вентиляции:

SBR01, SBR05–SBR08 Start_Stop_Px/Vx – управление запуском и остановкой различных групп вентиляционного оборудования: приточные и вытяжные вентиляторы (по зонам и вентиляционным узлам);

SBR19 Supply_Fan_P3 и SBR20 Exhaust_Fan – основная логика работы вентиляторов, включая условия запуска, проверку готовности и разрешающих сигналов;

SBR23–SBR26 Exhaust_Fan_Vx – управление конкретными вытяжными вентиляторами по зонам.

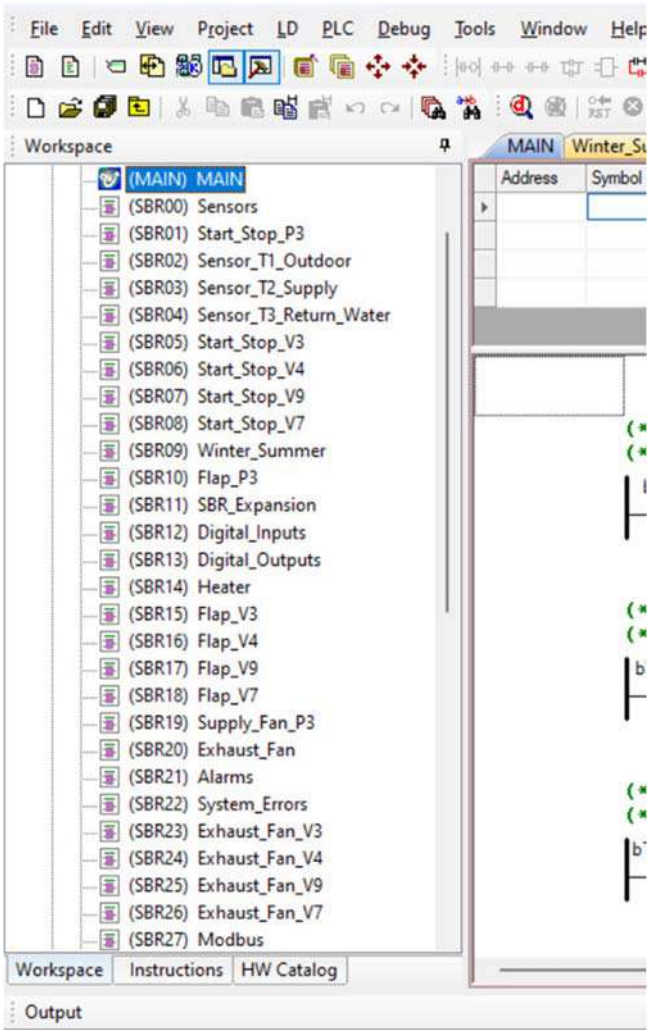


Рис. 1. Дерево проекта в интегрированной среде разработки *KincoBuilder*

3. Сезонные и температурные режимы:

SBR09 Winter_Summer – автоматическое переключение между зимним и летним режимом;

SBR14 Heater – управление нагревом воздуха с учетом температуры возвратной воды и логика работы калорифера.

4. Устройство воздушных заслонок:

SBR10 Flap_P3, *SBR15–SBR18 Flap_Vx* – логика открытия/закрытия заслонок, синхронизация с включением вентиляторов, защита от «неполного открытия».

5. Обработка цифровых входов и выходов:

SBR12 Digital_Inputs – опрос и обработка сигналов с дискретных входов, включая датчики состояния, концевики и аварийные сигналы, а также опция инвертирования сигналов при отсутствии реальных показаний датчиков;

SBR13 Digital_Outputs – формирование выходных управляющих сигналов (клапанами, реле аварии и

т. д.). Предусмотрена опция инвертирования сигналов при отсутствии реальных показаний датчиков;

6. Безопасность и аварийные сигналы:

SBR21 Alarms – формирование и обработка аварийных ситуаций: перегрев, отсутствие давления, отключение вентилятора и др.;

SBR22 System_Errors – агрегированная логика фиксации системных ошибок всех систем (приточной и вытяжных).

7. Интерфейсы:

SBR11 SBR_Expansion – поддержка подключения дополнительных модулей ввода/вывода или удаленных блоков по сети;

SBR27 Modbus – настройка адресов и регистров для обмена данными с внешними системами по протоколу *Modbus RTU/ASCII*.

Все подпрограммы вызываются из основного цикла (*MAIN*) в строго определенной последовательности, что позволяет:

- сначала собрать данные с нижнего и верхнего уровня. Если на нижнем уровне АСУ ТП первостепенную роль играют аппаратные средства из-за необходимости организации непосредственного взаимодействия с физическими устройствами (датчиками и исполнительными механизмами), то на верхнем уровне более весомую роль выполняют программные средства обработки данных, полученных в цифровой форме с нижнего уровня, а основным аппаратным средством тут выступает промышленный (персональный) компьютер [2];
- затем обработать управляющие команды (автоматические и ручные);
- после чего активировать или деактивировать исполнительные механизмы;
- выполнить диагностику и отправку данных в систему диспетчеризации.

Фрагмент работы подпрограммы *SBR23 Exhaust_Fan_V3* представлен на рис. 2.

Данный алгоритм, выделенный зеленой рамкой, понимается следующим образом. Если заслонка открыта и отсутствуют аварии на системе *B3* и выбран эконом режим работы двигателя с панели оператора или со *SCADA*, то на дискретный выход контроллера отправляется сигнал задачи скорости, далее сигнал отправляется на частотный преобразователь двигателя. Таким образом, можно интерпретировать любой алгоритм данной программы на понятный человеку язык. Алгоритм управления – четкое недвусмысленное правило, инструкция, указание, что и как следует делать, чтобы добиться заданной цели в сложившейся ситуации [3].

Модульная архитектура программы обеспечивает гибкость при модернизации или масштабировании системы, например, добавление новых зон вентиляции потребует лишь копирования соответствующих подпрограмм с минимальными изменениями.

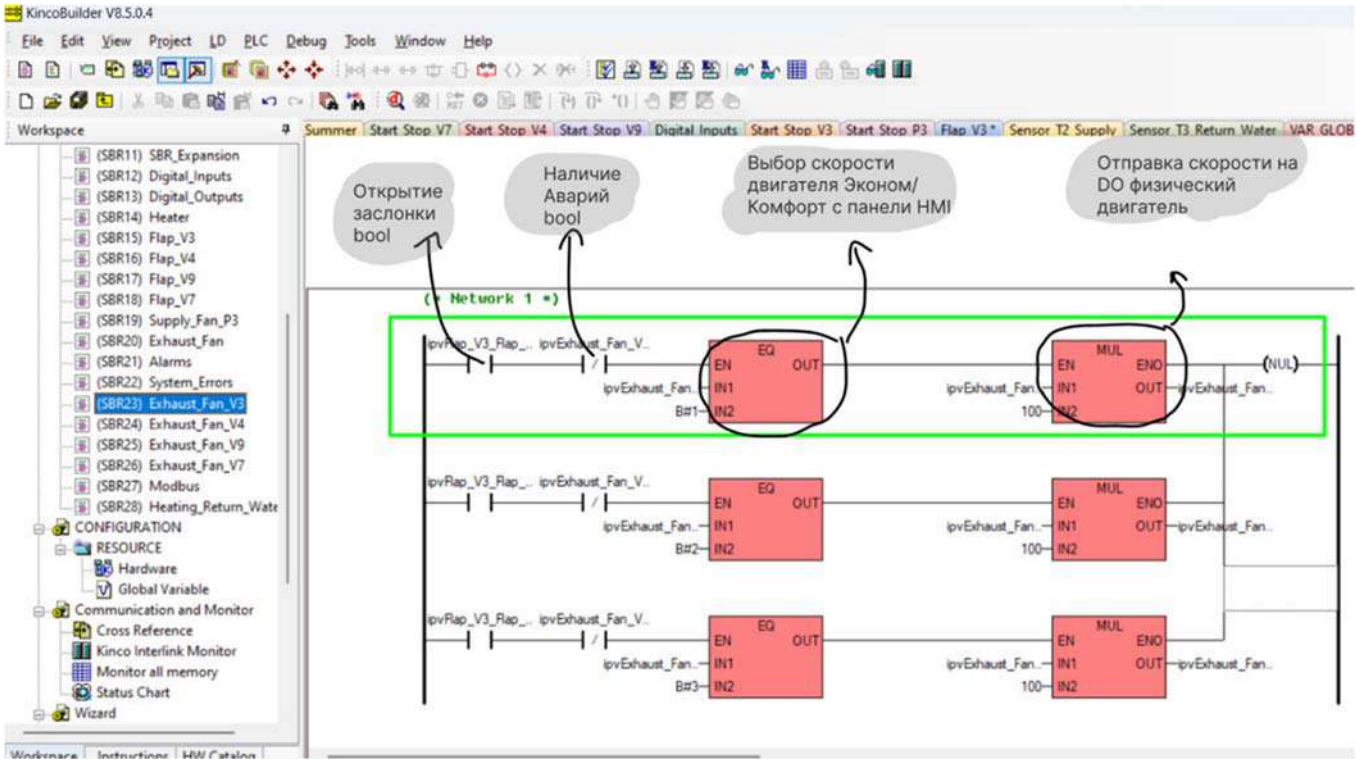


Рис. 2. Фрагмент кода подпрограммы на языке *LD*

Для удобного управления и мониторинга системы разрабатывается визуальная среда операторского интерфейса (*HMI*) в *DTools* – фирменной *SCADA/HMI*-платформе от *Kinco*. Интерфейс предоставляет интуитивно понятный доступ к основным функциям управления и отображению текущих параметров системы, а также сигналам аварий и неисправностей.

Интерфейс состоит из отдельных страниц для каждой подсистемы (приточной и вытяжной), а также вспомогательных вкладок. Данный *HMI* интерфейс показан на рис. 3.

Представленные на рис. 3 экраны демонстрируют: Экран 1 – Приточная система 3 (ШУПВ3) и Экран 2 – Вытяжная система 3.

Далее описаны основные элементы интерфейса.

Графическая схема установки, отображающая последовательность компонентов:

Заслонка → Фильтр → Водяной нагреватель → Вентилятор → Фильтр. Это отражает реальную структуру воздуховодов на объекте и позволяет оператору визуально оценить состояние каждого компонента.

Индикация параметров:

- температура наружного воздуха (Температура Улица);
- температура приточного воздуха (Температура Приток);
- температура уставки (Температура Уставка);
- температура и степень открытия водяного нагревателя.

Панель управления справа:

- кнопки управления: Старт, Стоп;
- выбор режима работы: Эконом/Комфорт (60/90 % скорость двигателя);
- управление режимами: Авто/Ручной, Зима/Лето;
- индикация состояний: состояния двигателя, насоса, управление, пожар, термостат, критическая авария;
- поле уставки температуры позволяет задать нужную температуру притока;
- кнопка «Сброс» – для сброса аварийных состояний.

Меню выбора вентиляционных зон слева – кнопки П3, В3, В4, В6, В7 переключают отображение между системами, подключенными к контроллеру.

Нижняя панель:

- текущие аварии – переход к экрану отображения активных неисправностей;
- настройки – доступ к параметрам расписания, уставок и калибровок.

Все параметры отображаются в реальном времени через регистры *Modbus*, привязанные к соответствующим переменным контроллера *Kinco*. При аварии изменяется цвет элементов и появляется уведомление внизу. Управление может осуществляться как в местном, так и в дистанционном режиме (например, с уровня *SCADA*). Выбор между режимами Эконом и Комфорт влияет на уставки температуры и при необходимости на скорость вращения вентилятора или мощность нагревателя. При переходе в режим «Пожар» все вентиляционные устройства аварийно

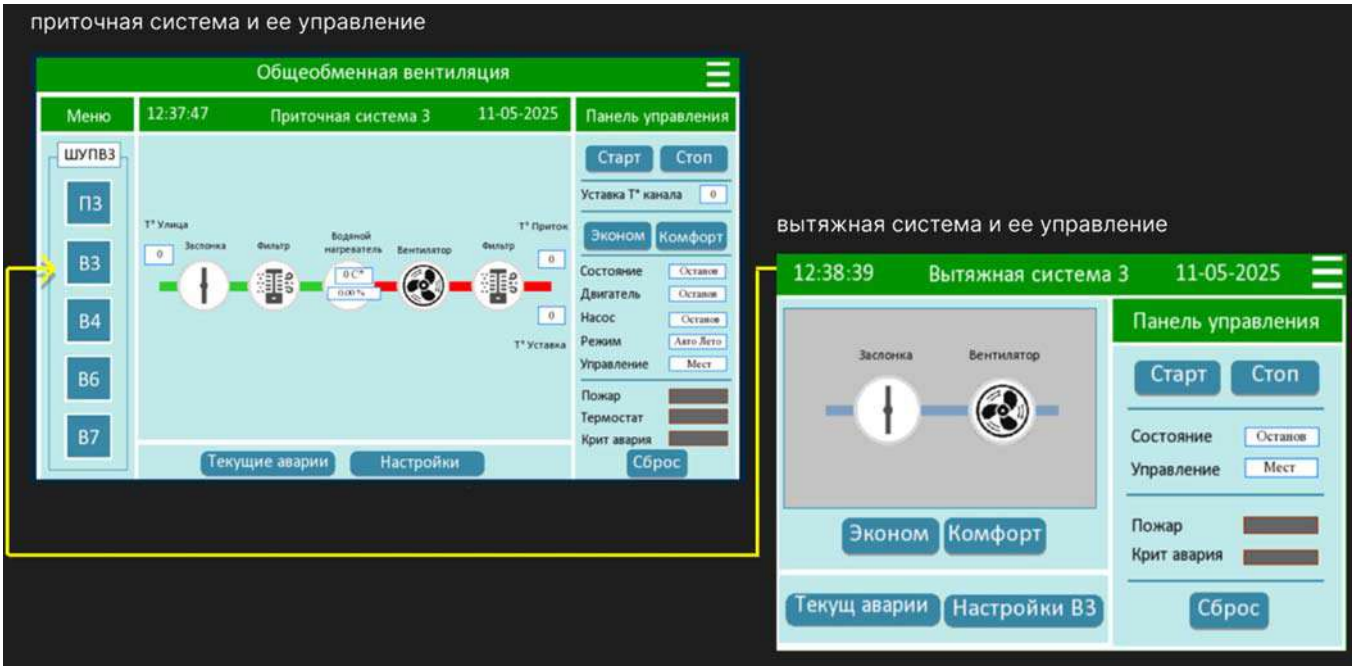


Рис. 3. Экраны панели оператора для взаимодействия с контроллером

останавливаются, и заслонки перекрываются в соответствии с противопожарным алгоритмом.

Интерфейс построен таким образом, чтобы обеспечить максимальную наглядность и удобство управления даже для неподготовленного персонала, при этом сохраняя весь необходимый функционал для опытного оператора.

Обмен с внешними системами реализуется через *Modbus RTU*. В *Subroutine* проекта задают регистры:

- *Coil/Discrete Input* – для управления и опроса состояния;
- *Holding/Input Registers* – для передачи аналоговых значений (например, температур, токов, состояний датчиков).

Это позволяет при необходимости подключить систему к *SCADA*, модулю удаленного мониторинга без переделки программы.

На рис. 4 слева показана запись в *Modbus* регистров контроллера необходимых значений. Справа карта *Modbus* адресов в программе *Excel* для последующей передачи ее на верхний уровень.

Упрощенная модель взаимодействия элементов системы с логикой программы представлена на рис. 5.

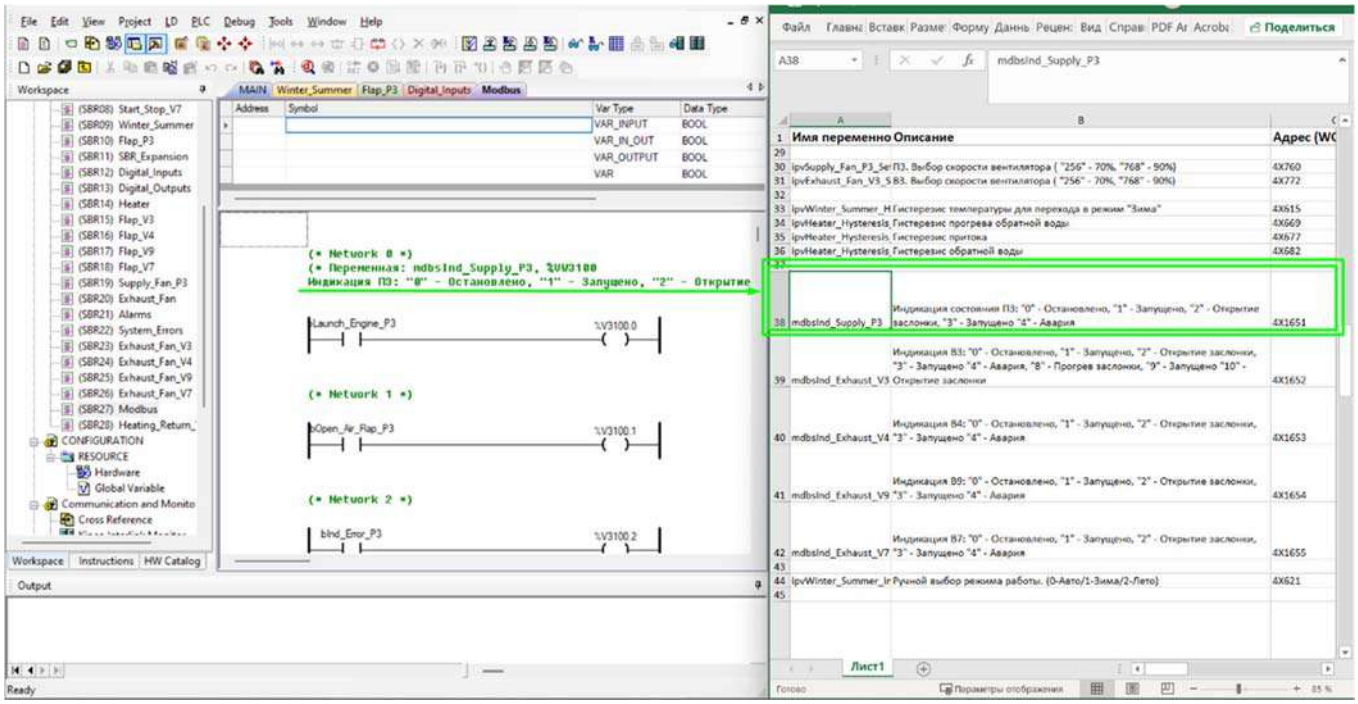


Рис. 4. Карта адресов *Modbus*

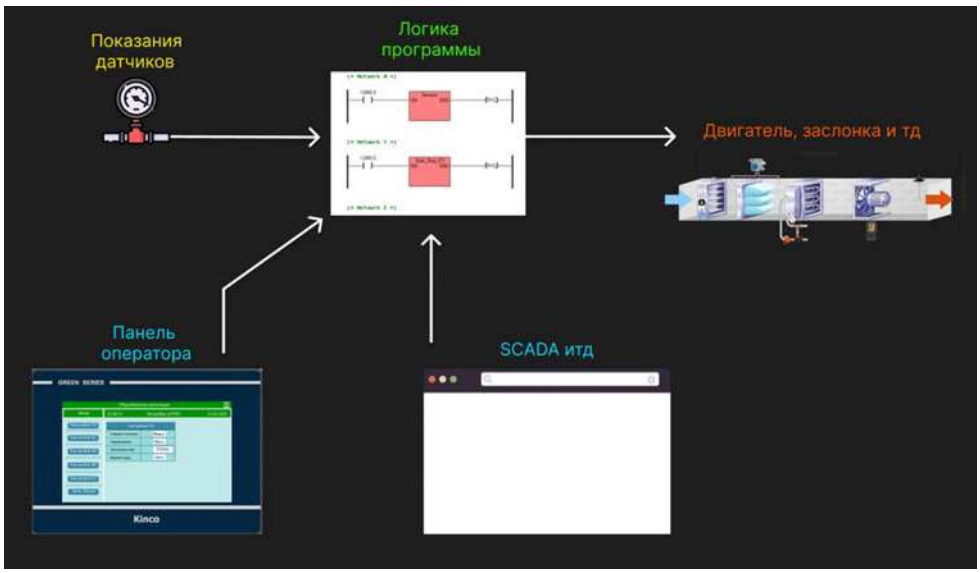


Рис. 5. Упрощенная модель взаимодействия с логикой программы

Выводы. 1. Создан программно-аппаратный комплекс автоматизированного управления приточно-вытяжной системой:

- стабильная работа вентиляции в зависимости от параметров среды;
- гибкое управление с панели *HMI* с визуальной индикацией состояний и аварий;
- готовность к внешней интеграции, так как *Modbus*-настройки позволяют использовать систему как часть более широкой системы управления производством;
- надежность в связи с отработанными сценариями отказов и реакциями системы на аварийные сигналы;
- экономичность из-за снижения энергопотребления за счет оптимального алгоритма включения/выключения вентиляторов и логики минимального поддержания микроклимата.

2. Данное решение обеспечивает устойчивую работу производственного процесса, повышая эффективность вентиляционной системы для качественного микроклимата.

Список литературы

1. *Кангин В. В., Кангин М. В., Ямолдинов Д. Н.* Разработка SCADA-систем: уч. пособ. М.: Инфра-Инженерия. 2024. 564 с.

2. *Мякишев Д. В.* Разработка программного обеспечения АСУ ТП на основе объектно-ориентированного подхода: метод. пособ. М.: Инфра-Инженерия. 2024. 128 с.

3. *Шишов О. В.* Современные средства АСУ ТП: учеб. М.: Инфра-Инженерия. 2021. 532 с.

References

1. Kangin V. V., Kangin M. V., Yamoldinov D. N. *Razrabotka SCADA-sistem* [Development of SCADA Systems: A Tutorial]. Moscow, Infra-Engineering, 2024, 564 p.

2. Myakishev D. V. *Razrabotka programmnogo obespecheniya ASU TP na osnove ob'ektno-orientirovannogo podhoda* [Development of Software for APCS Based on an Object-Oriented Approach: A Methodological Guide]. Moscow, Infra-Engineering, 2024, 128 p.

3. Shishov O. V. *Sovremennye sredstva ASU TP*[Modern Tools of APCS: A Tutorial]. Moscow, Infra-Engineering, 2021, 532 p.

Вниманию подписчиков!

Обращаем Ваше внимание на то, что с начала 2010 года издается *журнал под названием «Кузнечно-штамповочное производство»*, выпускаемый неким Жарковым В. А. и **не имеющий никакого отношения к нашему журналу «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»**.

Использование Жарковым В. А. для своего издания первой части названия журнала «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением» вводит в заблуждение наших подписчиков. **Журнал, издаваемый Жарковым В. А., имеет совершенно другую тематическую направленность, он не входит в перечень ВАКа и по сути является сборником трудов самого Жаркова В. А.**

ОБЗОР

УДК 669.1

А. К. ПЕТРОСЯН, аспирант (НИТУ МИСИС, г. Москва); М. О. АЛИМОВА (ПАО «ТМК», г. Москва)
E-mail: petrosyan98.archi@yandex.ru
A. K. Petrosyan (NUST MISIS, Moscow); M. O. Alimova (PJSC «TMK», Moscow)

Современное состояние и научно-технические предпосылки рециклинга при производстве колесной стали и управления неметаллическими включениями

Actual status and scientific and technical prerequisites for recycling in wheel steel production and non-metallic inclusion management

Рассматриваются научно-технические аспекты обеспечения металлургического качества колесной стали в условиях увеличения доли вторичного металлургического сырья. Показано, что эксплуатационная надежность железнодорожных колес, работающих в условиях контактно-усталостного нагружения, определяется не только уровнем механических свойств и структурной однородности металла, но и характеристиками неметаллических включений, в т. ч. их химическую природу, морфологию, распределение по размерам и вероятность формирования критических дефектов. Особое внимание уделяется вероятностной природе ухудшения металлургического качества при повышенной доле рециклинга, проявляющейся в росте риска появления редких крупных включений и кластеров, оказывающих определяющее влияние на усталостную долговечность изделий. Формулируется методический подход к исследованию и оценке «включенческой чистоты» колесной стали, основанный на сочетании количественной металлографии, статистического анализа и методов электронной микроскопии с микроанализом. Показано, что системное управление параметрами кислородного потенциала, шлакового режима и модифицирования включений является ключевым условием промышленно реализуемого рециклинга без ухудшения эксплуатационных свойств колесной продукции.

This article examines the scientific and technical aspects of ensuring the metallurgical quality of wheel steel in the context of an increasing share of secondary metallurgical raw materials. It is shown that the operational reliability of railway wheels operating under contact fatigue loading is determined not only by the mechanical properties and structural homogeneity of the metal, but also by the characteristics of non-metallic inclusions, including their chemical nature, morphology, size distribution and the likelihood of critical defect formation. Particular attention is paid to the probabilistic nature of the deterioration in metallurgical quality with an increased share of recycling, manifested in an increased risk of rare large inclusions and clusters, which have a decisive impact on the fatigue life of products. A methodological approach to the study and assessment of inclusion purity in wheel steel is formulated, based on a combination of quantitative metallography, statistical analysis and electron microscopy methods with microanalysis. It is shown that systematic control of oxygen potential, slag conditions and inclusion modification parameters is a key condition for industrially feasible recycling without degrading the performance properties of wheel products.

Ключевые слова: колесная сталь; металлургическое качество; неметаллические включения; рециклинг; вторичное металлургическое сырье; вторичное окисление; кислородный потенциал; металл-шлаковое взаимодействие; кальциевая модификация; кластеризация включений; контактная усталость; усталостная долговечность; статистика экстремальных значений; внепечная обработка; шлаковый режим; разливка стали.

Keywords: wheel steel; metallurgical quality; non-metallic inclusions; recycling; secondary metallurgical raw materials; secondary oxidation; oxygen potential; metal-slag interaction; calcium modification; inclusion clustering; contact fatigue; fatigue life; extreme value statistics; ladle treatment; slag conditions; steel casting.

Колесная сталь относится к классу ответственных конструкционных сталей, работающих в условиях высоких контактных напряжений, циклических нагрузок и сложного термомеханического воздействия в зоне контакта колесо–рельс. Эксплуатационная надежность колес определяется не только уровнем прочностных характеристик и однородностью структуры, но в значительной степени – металлургическим качеством, прежде всего чистотой по неметаллическим включениям (НВ) и контролем дефектов макро- и микроструктур.

Колесная сталь эксплуатируется в условиях контактной усталости (*Rolling Contact Fatigue*), износа (абразивного и адгезионного), динамических нагрузок и термомеханических воздействий в зоне торможения. Следовательно, металл должен обеспечивать сочетание высокой усталостной прочности, сопротивления контактной усталости, достаточной вязкости разрушения и трещиностойкости, стабильной твердости и износостойкости при сохранении пластичности, исключающей хрупкое разрушение. Указанные свойства достигаются не только подбором химического состава и режимов термообработки, но и обеспечением металлургической чистоты, в первую очередь, по НВ.

В процессе эксплуатации обод колеса воспринимает повторно-переменные нагрузки, связанные с:

- контактной усталостью (*Rolling Contact Fatigue*, *RCF*) и накоплением повреждений в поверхностном слое;
- износом (абразивным и адгезионным), в т. ч. при кривых участках пути и торможении;
- термомеханическими воздействиями в зоне торможения;
- динамическими нагрузками (удары, неровности пути), влияющими на зарождение трещин и их рост.

Следовательно, колесная сталь должна обеспечивать сочетание:

- высокой усталостной прочности и сопротивления контактной усталости;
- достаточной вязкости разрушения и трещиностойкости при отрицательных и умеренных температурах;
- стабильной твердости и износостойкости при сохранении пластичности, исключающей хрупкое разрушение;
- структурной однородности по сечению обода и отсутствия локальных зон с повышенной склонностью к трещинообразованию.

Практически, это означает необходимость управления химическим составом, режимами разливки и термообработки, а также строгого контроля металлургических дефектов: макросегрегации, пористости, ликвации и, в особенности, неметаллических включений как инициаторов повреждений [1, 2].

Неметаллические включения являются дисперсными фазами, отличающимися от металлической матрицы химическим составом, модулем упругости, пластичностью, термостойкостью и адгезией к матрице. В условиях циклического нагружения они выступают концентраторами напряжений и локальными «слабыми местами», на которых инициируются микротрещины.

Критичность включений для колесной стали определяется несколькими механизмами:

- инициацией усталостных трещин;
- ускорением роста трещин;
- нестабильностью свойств по объему;
- взаимосвязью с технологическими дефектами;

Таким образом, задача обеспечения высоких эксплуатационных свойств колесной стали неизбежно включает управление НВ: ограничение их количества, контроль типа и химии, снижение максимального размера и предотвращение кластеризации.

С позиции эксплуатационной надежности наибольшую опасность представляют не «средние» включения как массовая фракция, а крупные включения и скопления (кластеры), а также включения с высокой хрупкостью и неблагоприятной морфологией.

Условно, критичные НВ для колесной стали можно сгруппировать на оксидные включения, шпинели и магнезиальные оксиды, сульфиды и комплексные оксисульфиды, нитриды и карбонитриды при их наличии [3].

Для высоконагруженных сталей (включая колесные) широко используется подход, согласно которому долговечность определяется наиболее крупным дефектом в опасном объеме. В терминах металлургического качества это означает необходимость контроля:

- максимального размера включений;
- вероятности появления «редких» крупных включений;
- статистики распределения размеров (в т. ч. хвостов распределения).

На практике это приводит к переходу от простого контроля «средней загрязненности» к контролю экстремальных значений и предотвращению технологических причин появления редких крупных включений.

Наличие неметаллического включения критического размера приводит к локальному увеличению концентрации напряжений в зоне контакта колесо-рельс и способствует раннему инициированию подповерхностной усталостной трещины. При этом

статистически редкие события, связанные с появлением крупных оксидных включений или кластеров, могут не оказывать существенного влияния на средние показатели чистоты стали, однако именно они определяют вероятность преждевременного отказа колесной продукции [1–3]. На рис. 1 показан механизм инициирования контактно-усталостной трещины от НВ.



Рис. 1. Инициирование контактно-усталостной трещины

Рециклинг при производстве колесной стали (увеличение доли лома и возвратных материалов, использование вторичных металлосодержащих компонентов) объективно повышает требования к системе контроля НВ. Это связано с тем, что вторичное сырье характеризуется повышенной вариативностью по:

- уровню и форме кислорода (окисленность, продукты коррозии, окалина);
- наличию загрязнений (органика, масла, покрытия);
- примесям и остаточным элементам, косвенно влияющим на шлакообразование, раскисление и модифицирование включений [4].

Следовательно, для предприятий, участвующих в промышленной верификации результатов, ключевым становится построение технологических решений, которые одновременно:

- допускают экономически целесообразный уровень рециклинга;
- обеспечивают управляемость металлургического качества по НВ;
- гарантируют стабильность свойств колесной продукции в условиях производственной вариативности.

Сырьевая база и рециклинг в колесной стали: источники рисков по неметаллическим включениям

Развитие рециклинга в черной металлургии рассматривается как устойчивый тренд, обусловленный одновременно экономическими факторами и требованиями экологической повестки. Для производства колесной стали увеличение доли вторичного сырья является технологически привлекательным, однако сопровождается ростом вариативности металлошихты и повышением неопределенности по примесям и окисленности, что непосредственно отражается на уровне и типологии НВ.

В отличие от первичных материалов, лом и возвратные материалы обладают широким диапазоном по химическому составу, степени поверхностной окисленности, наличию органических загрязнений и технологических покрытий. В результате, при одинаковых параметрах выплавки и внепечной обработки металл с повышенной долей рециклинга может демонстрировать склонность к повышенному содержанию оксидных включений, кластеризации НВ, росту максимального размера включений, а также к появлению комплексных оксисульфидных фаз.

К вторичным компонентам, применимым в практике производства колесной стали, обычно относят: стальной лом различных категорий, возвратные металлосодержащие материалы, брикеты/пакеты, металлосодержащие отходы и смеси [4].

Основным связующим механизмом между повышенной долей рециклинга и ухудшением чистоты по НВ является рост кислородного потенциала системы «металл–шлаки–газовая фаза» на различных стадиях процесса. Типовые каналы поступления кислорода в металл и формирования оксидной фазы включают:

- внесение кислорода с поверхностными оксидами лома (окалина, коррозия), что повышает общий кислородный баланс и увеличивает потребность в раскислителях;
- выгорание органических загрязнений с образованием газов и локальными зонами окислительных условий, что способствует вторичному окислению поверхности металла и увеличению количества мелкодисперсных оксидов;
- нестабильность шлакового режима из-за изменчивого состава шихты и колебаний по FeO/MnO и основности шлака, что ухудшает способность шлака к ассимиляции включений;
- вторичное окисление при переливах и разливке, особенно при нарушениях защиты струи, контакте металла с воздухом, турбулентных режимах и захвате шлака.

В совокупности эти факторы приводят к тому, что при росте доли рециклинга увеличиваются:

- вероятность образования твердых оксидов;
- доля комплексных включений (оксисульфидов и алюмосиликатов), зависящих от шлакового режима и активности компонентов;
- склонность к формированию.

Вторичное сырье часто содержит повышенные уровни остаточных элементов (Cu, Sn, Ni и др.), которые в сталеплавильном цикле практически не удаляются. Несмотря на то, что эти элементы не образуют неметаллические включения напрямую, они могут влиять на НВ опосредованно:

- через изменения в режимах окисления/раскисления и потребности в корректировках шлакового состава;
- через влияние на тепловой баланс и кинетику процессов (в т. ч. на условия перемешивания и длительность выдержки);
- через требования к механическим свойствам и термообработке, которые повышают чувствительность к «включенческой чистоте» при заданной структуре.

Следовательно, при промышленной реализации рециклинга задачей становится не только «принять лом», но и обеспечить предсказуемость параметров, влияющих на образование/удаление НВ.

Технологическое обеспечение рециклинга в колесной стали должно включать системные меры по подготовке и управлению шихтой, направленные на стабилизацию кислородного баланса и снижение вероятности неблагоприятных включенческих событий [4, 5].

Механизмы образования, модифицирования и удаления НВ в колесной стали

Первичные НВ формируются главным образом вследствие раскислительных реакций и взаимодействия растворенных компонентов металла с кислородом. В производственной практике наибольшее распространение получают схемы раскисления с участием алюминия, кремния и марганца, а также комплексных ферросплавов. При алюминиевой раскислительной практике характерной особенностью является образование твердых оксидов Al_2O_3, склонных к агломерации (кластеризации) и обладающих высокой термостойкостью и низкой пластичностью [5].

Интенсивность образования первичных включений определяется:

- исходным содержанием растворенного кислорода в металле;
- температурой и кинетикой раскисления;
- способом ввода раскислителей и степенью перемешивания;
- химическим составом и окислительным потенциалом шлака (FeO, MnO), а также его основностью и вязкостью.

Роль шлака является двоякой: с одной стороны, он может быть источником реоксидирования металла при повышенном содержании FeO/MnO; с другой – выступает поглотителем включений при достаточной жидкотекучести, оптимальной основности и благоприятной межфазной кинетике [6].

Вторичное окисление металла относится к числу наиболее критичных факторов формирования неблагоприятной включенческой картины, поскольку приводит к образованию мелких оксидов и их последующей агломерации в кластеры. Это особенно опасно для колесной стали, где даже редкие крупные дефекты существенно снижают контактно-усталостную долговечность.

Следствием вторичного окисления является появление:

- дисперсных оксидов алюминия/кремния/марганца и комплексных оксидов;
- кластеров, формирующих эквивалент крупного дефекта;
- включений, плохо поддающихся последующей модификации и удалению из-за высокой дисперсности и недостаточного времени выдержки [7, 8].

Для условий рециклинга данный механизм усугубляется повышенной окисленностью шихты и потенциальным газовыделением от органических загрязнений, что увеличивает вероятность локальных окислительных зон и нарушения равновесия между металлом и шлаком.

Ключевым технологическим инструментом управления включениями в сталях с алюминиевой раскислительной практикой является кальциевая обработка, направленная на перевод твердых оксидов Al_2O_3 в более пластичные и/или жидкотекучие кальций-алюминаты. Такая модификация приводит к снижению склонности включений к кластеризации, улучшению их деформируемости, а также росту вероятности удаления включений через шлак за счет коалесценции и всплытия [9].

Эффективность кальциевой модификации зависит от:

- остаточного содержания кислорода и серы в металле (кальций расходуется на образование CaO и CaS, поэтому баланс крайне важен);
- температуры и времени выдержки;
- интенсивности перемешивания (газовое перемешивание, ВПО);
- состава шлака и его способности к ассимиляции модифицированных включений.

Следует отметить, что несогласованность кальциевой обработки с уровнем серы и кислорода может приводить к росту комплексных оксисульфидов и нестабильности включенческой картины. В практическом плане модификация должна рассматриваться не как «разовый ввод материала», а как элемент

системы управления кислородно-серным балансом, шлаком и временем выдержки [7, 10].

Эффективность кальциевой модификации определяется соотношением активностей кальция, кислорода и серы. Существует ограниченное «окно модификации», в пределах которого кальций переводит твердые оксиды Al_2O_3 в кальций-алюминаты с благоприятной морфологией.

Влияние технологии выплавки и внепечной обработки на неметаллические включения: «узкие места» промышленной практики

Переход от теоретического понимания механизмов формирования и удаления включений к промышленной управляемости требует выделения технологических стадий и факторов, которые вносят наибольший вклад в риск появления неблагоприятных НВ (см. рис. 2). Для колесной стали критичными являются не только средние показатели чистоты, но и предотвращение редких событий, приводящих к образованию крупных включений или кластеров. В условиях увеличения доли рециклинга именно «узкие места» процесса часто определяют пределы допустимой доли вторичного сырья при сохранении требуемого уровня качества [10–12].

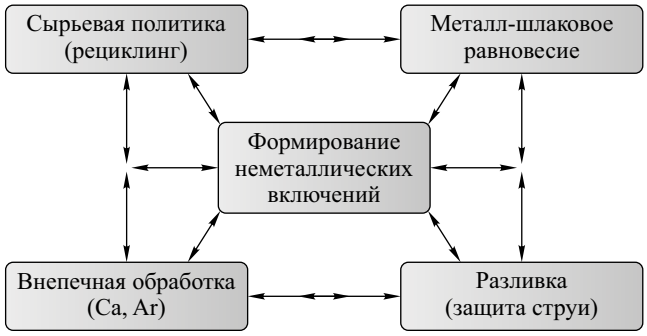


Рис. 2. Контуры управляемости процесса (сырье–шлаки–ВПО–разливка)

На стадии выплавки на включенческую картину влияют:

- степень окисленности металлической ванны и шлака (FeO/MnO);
- режимы продувки и перемешивания;
- ввод раскислителей и ферросплавов (кинетика растворения и локальная химическая неоднородность);
- качество и подготовка вторичного сырья (окалина, коррозия, покрытия, загрязнения).

Ковш-печь является ключевым звеном управления включениями, поскольку на данной стадии возможно регулирование шлакового режима, доводка по химическому составу, кальциевая модификация включений, а также газовое перемешивание, которое способствует всплытию и ассимиляции включений шлаком [11].

Вакуумная обработка помимо задач дегазации может косвенно влиять на включения за счет:

- интенсификации перемешивания и улучшения условий всплытия включений;
- стабилизации окислительного потенциала при корректном шлаковом режиме.

Стадия разливки является критической с точки зрения возникновения неблагоприятных включений, поскольку здесь наиболее высок риск:

- контакта металла с воздухом и вторичного окисления при нарушении защиты струи;
- турбулентных режимов, способствующих захвату шлака;
- формирования локальных зон повышенной загрязненности из-за неравномерного распределения включений.

Для колесной стали, ориентированной на высокую усталостную долговечность, любые нарушения на стадии разливки могут привести к появлению редких крупных включений или кластеров, которые не выявляются по средним показателям загрязненности, но определяют отказоустойчивость продукции [12].

Методы исследования неметаллических включений и критерии оценки «включенческой чистоты» колесной стали

Достоверное исследование влияния рециклинга на качество колесной стали невозможно без унифицированной методики оценки НВ, включающей: корректную подготовку образцов, количественную металлографию, идентификацию химической природы включений, статистическую обработку данных с учетом экстремальных значений [13–15].

Для оценки НВ рекомендуется применять стандартизированный подход к отбору проб, обеспечивающий репрезентативность и сопоставимость:

- отбор проб металла из одинаковых технологических точек;
- фиксация массы пробы и условий охлаждения;
- исключение вторичного окисления на стадии отбора.

Количественная оценка включений на микрошлифах может выполняться методами:

- визуальной металлографии по полям зрения с последующим подсчетом и измерением объектов;
- автоматизированного анализа изображений.

Рекомендуемые показатели количественной металлографии:

1. Численная плотность включений (кол-во включений на ед. площади, 1/мм^2).

2. Площадная доля включений (% или мм^2/мм^2).

3. Распределение по размерам (в т. ч. медиана, 90–95 перцентили).

4. Максимальный размер включений (*max size*, эквивалентный диаметр).

5. Морфологические показатели (круглость/вытянутость, аспектное отношение), особенно для сульфидов и вытянутых фаз.

6. Кластеризация – доля включений, расположенных в пределах заданного расстояния, либо учет «агломератов» как отдельной категории.

Для корректной интерпретации влияния рециклинга необходимо не только «посчитать» включения, но и определить их природу и происхождение. Наиболее информативным подходом является применение сканирующей электронной микроскопии (*SEM*) в сочетании с энергодисперсионным анализом (*EDS*), позволяющим:

- разделять включения по химическим классам;
- фиксировать модифицированные формы;
- выявлять включения, связанные с футеровкой/шлаком, и оценивать их роль при изменении доли рециклинга.

Методически корректная оценка неметаллических включений при исследовании рециклинга в колесной стали должна включать количественную металлографию с контролем распределений размеров и экстремальных значений, а также идентификацию химической природы включений методами *SEM*/*EDS*. Целесообразно применять систему показателей, объединяющую интегральные метрики загрязненности, показатели риска (*max size* и перцентили), параметры морфологии и кластеризации, а также технологически интерпретируемые доли ключевых типов включений (см. рис. 3) [14, 15].

Выводы. 1. Проведенный анализ современного состояния вопроса показывает, что обеспечение эксплуатационной надежности железнодорожных колес в значительной мере определяется металлургическим качеством колесной стали, прежде всего, чистотой по неметаллическим включениям (НВ), их типологией, морфологией и распределением по размерам. В условиях контактно-усталостного нагружения именно включения и их скопления выступают инициаторами микротрещин и определяют вероятность развития дефектов типа выкрашивания и контактной усталости.

2. Показано, что развитие рециклинга при производстве колесной стали является объективным трендом, обусловленным ресурсной и экономической целесообразностью, однако сопровождается ростом вариативности металлошихты, повышением кислородной нагрузки и увеличением риска вторичного окисления и нестабильности шлакового режима. Это приводит к вероятностному росту оксидной фазы в металле, изменению структуры включений и, что особенно критично, к увеличению риска появления редких крупных включений и кластеров.

3. Установлено, что формирование и эволюция НВ определяется согласованностью четырех взаимосвязанных контуров: качества вторичного сырья и управления кислородным балансом, металл-шлакового равновесия и раскисленности шлака, параметров внепечной обработки (перемешивание, выдержка, модификация кальцием), условий разливки (защита струи, минимизация турбулентности и захвата шлака).

4. Показано, что методически корректная оценка влияния рециклинга на НВ требует применения сово-

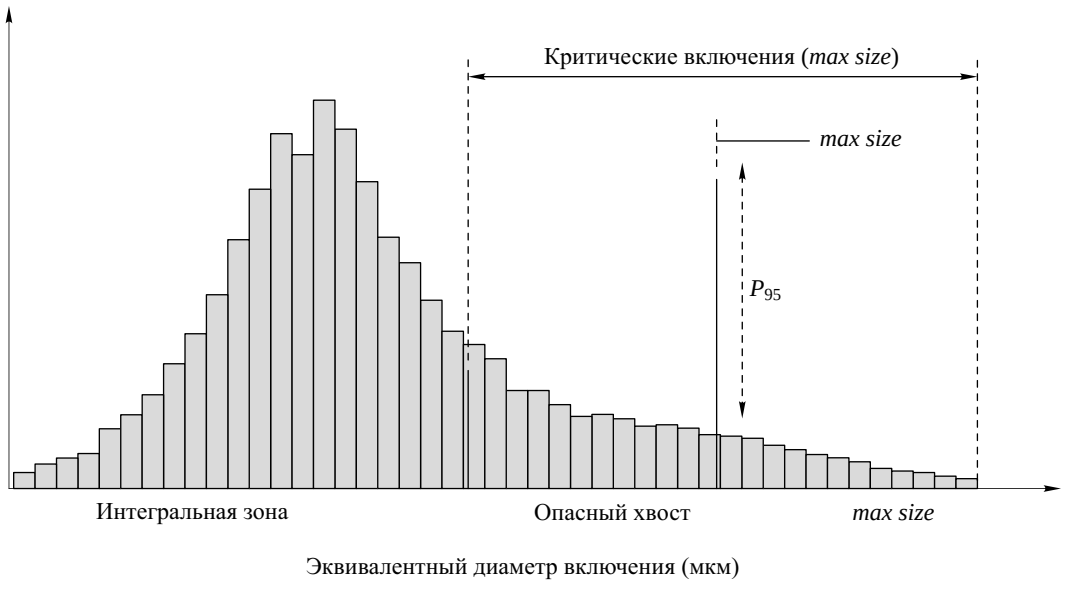


Рис. 3. Распределение размеров НВ и «опасный хвост»

купности количественных и качественных методов: количественной металлографии с анализом распределений размеров и экстремальных значений (*max size*, перцентили), контроля морфологии и кластеризации, а также идентификации химической природы включений методами *SEM/EDS*.

5. Увеличение доли рециклинга при производстве колесной стали является значимым фактором, определяющим условия формирования неметаллических включений. Обеспечение требуемого уровня металлургического качества требует управления кислородным балансом, шлаковым режимом и параметрами внепечной обработки, а также контроля вероятности появления критических дефектов.

Список литературы

1. *Гуляев А. П.* Металловедение. М.: Металлургия. 1986. 544 с.

2. *Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П.* Материаловедение. М.: Машиностроение. 1990. 528 с.

3. *Кудрин В. А.* Теория и технология производства стали. М.: Мир. 2003. 528 с.

4. *Туркдоган Е. Т.* Физическая химия высокотемпературных процессов. М.: Металлургия. 1985. 344 с.

5. *Kiessling R.* Non-metallic Inclusions in Steel. London: The Institute of Materials. 1989. 276 p.

6. *Zhang L., Thomas B. G.* Inclusions in continuous casting of steel // Metallurgical and Materials Transactions B. 2003. Vol. 34B. Pp. 685–705.

7. *Suito H., Inoue R.* Thermodynamics of inclusion formation and modification in steel // ISIJ International. 1995. Vol. 35. № 3. Pp. 258–266.

8. *Liu C., Jonas J. J.* Effect of non-metallic inclusions on fatigue properties of steels // International Materials Reviews. 1996. Vol. 41. № 2. Pp. 59–86.

9. *Gladman T.* The Physical Metallurgy of Microalloyed Steels. London: The Institute of Materials. 1997. 363 p.

10. *Emi T., Suzuki M., Yamaguchi K.* Refining of steel and control of inclusions // ISIJ International. 1996. Vol. 36. № 8. Pp. 1015–1023.

11. *Левин Л. М., Пономаренко А. Г.* Внепечная обработка стали. М.: Металлургия. 1991. 400 с.

12. *Платонов В. А.* Металлургия и технология литой стали. М.: Металлургия. 1987. 456 с.

13. *Murakami Y.* Metal Fatigue: Effects of Small Defects and Nonmetallic Inclusions. Oxford: Elsevier. 2002. 369 p.

14. *ISO 4967:2013*. Steel – Determination of content of nonmetallic inclusions – Micrographic method using standard diagrams.

15. *ASTM E45-18.* Standard Test Methods for Determining the Inclusion Content of Steel.

References

1. Gulyaev A. P. *Metallovedenie* [Metal Science]. Moscow, Metallurgiya, 1986, 544 p.

2. Lakhtin Yu. M., Leontyeva V. P. *Materialovedenie* [Material Science]. Moscow, Mashinostroenie, 1990, 528 p.

3. Kudrin V. A. *Teoriya i tekhnologiya proizvodstva stali* [Theory and Technology of Steel Production]. Moscow, Mir, 2003, 528 p.

4. Turkdogan E. T. *Fizicheskaya himiya vysokotemperaturnyh processov* [Physical Chemistry of High-Temperature Processes]. Moscow, Metallurgiya. 1985. 344 p.

5. Kiessling R. *Non-metallic Inclusions in Steel. London: The Institute of Materials*, 1989, 276 p.

6. Zhang L., Thomas B. G. Inclusions in continuous casting of steel. *Metallurgical and Materials Transactions B.*, 2003, vol. 34B, pp. 685–705.

7. Suito H., Inoue R. Thermodynamics of inclusion formation and modification in steel. *ISIJ International*, 1995, vol. 35, no. 3, pp. 258–266.

8. Liu C., Jonas J. J. Effect of non-metallic inclusions on fatigue properties of steels. *International Materials Reviews*, 1996, vol. 41, no. 2, pp. 59–86.

9. Gladman T. *The Physical Metallurgy of Microalloyed Steels. London: The Institute of Materials*. 1997. 363 p.

10. Emi T., Suzuki M., Yamaguchi K. Refining of steel and control of inclusions. *ISIJ International*, 1996, vol. 36, no. 8, pp. 1015–1023.

13. Murakami Y. *Metal Fatigue: Effects of Small Defects and Nonmetallic Inclusions*. Oxford, Elsevier, 2002, 369 p.

14. *ISO 4967:2013. Steel – Determination of content of nonmetallic inclusions – Micrographic method using standard diagrams*.

15. *ASTM E45-18. Standard Test Methods for Determining the Inclusion Content of Steel*.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, МАРКЕТИНГ

УДК 338

Д. В. КОЛЕСНИКОВА, канд. физ.-мат. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: dvkolesnikova@fa.ru
D. V. Kolesnikova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Актуальные аспекты цифровизации процессов в машиностроении и металлургии

Current aspects of digitalization in mechanical engineering and metallurgical production processes

Статья посвящена изучению актуальных аспектов цифровизации в области оптимизации производственных процессов машиностроения и металлургии, управления человеческими ресурсами. Особый акцент сделан на изучении потенциала и лучших практик применения инструментов искусственного интеллекта (ИИ) в управлении производством. Предлагаемое исследование направлено на оценку влияния внедрения искусственного интеллекта (ИИ) и технологий больших данных на конкурентоспособность и устойчивость промышленных предприятий. Проведен анализ открытых информационно-аналитических источников, включая цифровые ресурсы, отраслевые публикации и материалы профессиональных мероприятий, что позволяет выявить ключевые тенденции развития, а также определить сохраняющиеся проблемные зоны и нерешенные вопросы. Полученные результаты обладают практической значимостью для совершенствования подходов стратегического и инновационного управления и могут быть использованы при разработке и реализации программ цифровизации на уровне компаний и индустрий.

This article examines contemporary aspects of digitalization in the optimization of production processes within mechanical engineering and metallurgy, as well as in human resource management. Particular emphasis is placed on assessing the potential and best practices associated with the application of artificial intelligence (AI) tools in production management. The study seeks to evaluate the impact of artificial intelligence and big data technologies on the competitiveness and sustainable development of industrial enterprises. A conceptual analysis of open information and analytical sources, including digital resources, industry publications and materials from professional events is undertaken. This analysis made it possible to identify key developmental trends, as well as persistent problem areas and unresolved issues. The findings demonstrate practical relevance for the advancement of strategic and innovation management approaches and may be applied in the design and implementation of digitalization programs at both corporate and industry levels.

Ключевые слова: искусственный интеллект; автоматизация процессов; цифровизация производства; цифровой двойник; машинное обучение; интернет вещей (IoT); процессная аналитика.

Keywords: artificial intelligence; processes' automation ; production digitalization; digital twin; machine learning; Internet of Things (IoT); Process Mining.

Ускоренное развитие и интеграция сквозных цифровых технологий, таких как искусственный интеллект, интеллектуальные производственные комплексы, коренным образом меняют структуру промышленного производства. Этот процесс интенсификации ведет к качественной трансформации производственного базиса, обеспечивая переход к новому технологическому укладу. В результате формируются устойчивые конкурентные преимущества национальной экономики, основанные на высокой эффективности, гибкости и автоматизации. Более того, создание собственных компетенций в области интеллектуальных производств является необходимым условием для гарантии технологического суве-

ренитета. Благодаря интеграции передовых технологий, таких как машинное обучение и робототехника, производства тяжелого машиностроения превращаются в высокопроизводительные центры. Автоматизация не просто упорядочивает рабочие процессы, она революционизирует саму ткань производства, сводя к минимуму человеческие ошибки и оптимизируя производительность машин.

Попробуем рассмотреть усовершенствования и преимущества, которые дают автоматизация и цифровизация в машиностроении, изучим ее влияние на производительность машин, ключевую роль машинного обучения и перспективные тенденции, которые меняют отрасль.

Автоматизация производства подразумевает использование передовых технологий, таких как робототехника, искусственный интеллект (ИИ) и систем автоматизированного проектирования (САПР), для оптимизации и улучшения процессов [1].

Цель данной работы – выявление эффектов применения ИИ для конкурентоспособности и устойчивого развития промышленных предприятий, оценка ключевых факторов влияния лучших практик в развитии отраслей.

Интеграция робототехники

Роботы играют важную роль в современных кузнечных операциях, выполняя повторяющиеся, высокоточные или опасные задачи, повышая тем самым безопасность и эффективность. Например, роботы используются для обслуживания прессов, обработки штампов, поддержания постоянного усилия и времени в процессе ковки, что позволяет ускорить производственные циклы, снизить трудозатраты и повысить безопасность труда [2].

ИИ и машинное обучение

ИИ и машинное обучение оптимизируют параметры процессов производства и выявляют аномалии в режиме реального времени. Они также позволяют проводить прогнозируемое техническое обслуживание и адаптивное производство, повышая эффективность и качество продукции.

Компьютерное проектирование (*CAD*) и моделирование

Инструменты САПР помогают инженерам разрабатывать точные детали и моделировать процесс обработки, ковки в цифровом виде. Такая оптимизация геометрии деталей для обеспечения прочности и технологичности помогает предсказать возможные дефекты и минимизировать отходы материала. Цифровое предварительное планирование ускоряет выход продукции на рынок и повышает стандарты качества.

Цифровой двойник и передовые технологии моделирования

Технология *Digital Twin* (цифровой двойник) позволяет производителям создавать виртуальные прототипы и оптимизировать процессы до начала физического производства, минимизируя ошибки и ускоряя циклы разработки. Это новаторское решение открывает новые горизонты для оптимизации производственных процессов и минимизации ошибок на этапе разработки. Данная технология представляет собой концепцию создания виртуальных моделей физических объектов и процессов [3]. Эти модели могут быть использованы для анализа, симуляции и оптимизации работы оборудования и производственных процессов. *Digital Twin* позволяет производителям тестировать различные сценарии и выявлять потенциальные проблемы до начала физического производства.

Преимущества Цифрового двойника (*Digital Twin*)

Виртуальные прототипы: создание виртуальных копий оборудования и даже заводских линий позволяет производителям тестировать и оптимизировать их дизайн и функциональность. Подобный подход значительно сокращает время на тестирование и, соответственно, затраты на разработку.

Снижение ошибок: тестирование и симуляция на виртуальных моделях помогают не просто минимизировать, а порой даже исключать ошибки, которые могут возникнуть на этапе физического производства. Использование расчетного моделирования еще раз подтверждает целесообразность подхода: «Семь раз отмерь, один раз отрежь».

Улучшение качества: использование цифровых двойников позволяет производителям улучшать качество продукции за счет более точного контроля и анализа процессов.

Оптимизация процессов: с помощью *Digital Twin* можно моделировать производственные процессы, выявлять узкие места и оптимизировать их для повышения эффективности. И, конечно, сокращает расходы при тестировании и валидации, минимизируя расходы дорогостоящего сырья.

Предиктивное техническое обслуживание

Подход, основанный на использовании аналитических данных для прогнозирования отказов оборудования – широко используемое сейчас предиктивное техническое обслуживание (*Predictive Maintenance*).

Этот метод позволяет заранее, с учетом всех факторов, планировать техническое обслуживание линий, что значительно сокращает время простоя, оптимизирует вовлеченность контролирующего персонала и снижает затраты на ремонт.

Принципами работы предиктивного технического обслуживания являются:

1. Сбор данных: системы мониторинга собирают данные о состоянии оборудования в реальном времени. Это может включать в себя данные о температуре, вибрации, давлении и других параметрах.

2. Анализ данных: с помощью аналитических инструментов и моделей данные обрабатываются для выявления закономерностей и возможных аномалий и флуктуаций, которые могут указывать на потенциальные проблемы.

3. Прогнозирование отказов: на основе анализа данных предыдущих лет и смежных производств создаются модели, которые позволяют прогнозировать вероятность отказа оборудования в будущем.

4. Планирование обслуживания: полученные прогнозы позволяют планировать техническое обслуживание, оптимальное для персонала, внешних аудиторов и устраняют негативное влияние на производственный процесс.

Преимущества предиктивного технического обслуживания

Снижение времени простоя позволяет избежать неожиданных поломок, что снижает случаи простоя оборудования. Снижение затрат помогает не доводить до дорогостоящих аварийных ремонтов и оптимизировать затраты на обслуживание, так как техническое обслуживание планируется заранее. Увеличение срока службы оборудования создает условия для длительного срока службы оборудования и повышает его надежность за счет регулярного сервиса и техобслуживания. Улучшение безопасности позволяет выявлять потенциальные проблемы до того, как они приведут к авариям, что повышает безопасность на производстве.

Технология *Digital Twin* и предиктивное техническое обслуживание представляют собой мощные инструменты для оптимизации производственных процессов. Использование Цифрового двойника позволяет специалистам ускорить циклы разработки, минимизируя ошибки, в то время как предиктивное техническое обслуживание помогает прогнозировать отказы и создает условия для правильного и адекватного планирования производства. Внедрение этих технологий в производственные процессы безусловно повышает конкурентоспособность компаний и улучшает качество продукции.

Интернет вещей (*IoT*) и мониторинг в режиме реального времени

IoT-устройства, встроенные в оборудование, в режиме реального времени собирают данные о таких критических параметрах, как температура, давление и состояние оборудования. Непрерывный мониторинг позволяет немедленно корректировать процесс для поддержания оптимальных условий, повышая качество и стабильность продукции. *IoT* помогает принимать решения на основе данных, оптимизируя энергопотребление, сокращая отходы и повышая эффективность работы. Предиктивная аналитика, основанная на данных *IoT*, позволяет прогнозировать необходимость технического обслуживания, предотвращая неожиданные поломки и увеличивая срок службы оборудования [4].

Примеры цифровизации процессов наладки и контроля

Сквозной контроль качества на базе *LIMS* (НЛМК): группа НЛМК внедряет цифровую службу контроля качества металлопродукции – лабораторную информационную систему (ЛИМС/*LIMS*), которая автоматизирует работу подразделений, ответственных за контроль поступления сырья, технологический контроль и сертификационные испытания готовой продукции. *LIMS* становится одной из частей комплексной системы управления производственными процессами (*Manufacturing Execution System – MES*), гордостью общей системы НЛМК «от карьера до прокатки», обеспечивая оптимизацию процессов в самом начале производственной цепочки, на входном контроле продукции. Система повышает скорость передачи данных о качестве сырья и продукции в системы управления производством, снижает влияние человеческого фактора на расчеты и обработку результатов испытаний [5].

С помощью системы успешно оцифровано более 500 методик измерений, подключено более 60 единиц высокоточного лабораторного оборудования. Количество постоянных пользователей сервиса превышает 400 человек, а данные лабораторных тестов *LIMS* становятся доступными для нескольких тысяч пользователей других сервисов *MES*.

Использование ЛИМС значительно упрощает подтверждение компетентности лабораторий в соответствии с критериями аккредитации и делает данную систему ключевым звеном в управлении качеством в компании. Система в разы повышает оперативность и надежность данных о качестве сырья и готовой продукции, снижает влияние человеческого фактора и обеспечивает соответствие международному

стандарту *ISO/IEC 17025* в части компетентности испытательных лабораторий.

Аудит бюджетных процессов с *Process Mining* («Норникель»): с целью расширения контрольной среды, но без вмешательства в нее, решено внедрить систему класса *Process Mining* [6]. *Process Mining* (процессная аналитика, глубинный анализ процессов) – технология для анализа бизнес-процессов на основе цифровых следов фактического выполнения процесса. Реализация цифровой модели бюджетного контроля на базе системы класса *Process Mining* позволяет расширить контрольную среду, увеличить количество контролируемых объектов и многократно расширяет детализацию. Контроль осуществляется в режиме реального времени, в то же время работа пользователей *ERP*-системы не замедляется и не блокируется.

Бюджетный контроль в основном применяется в операционной деятельности, а проектный контроль – в инвестиционной деятельности в разрезе проектов. Хотя для этих видов деятельности используются несколько разные аналитические показатели, общие подходы схожи, что позволяет рассматривать операционную и инвестиционную деятельность в рамках единого процесса.

В отличие от комплексной системы *SAP ERP*, которая объединяет все ключевые процессы компании в едином пространстве, и где процессы разделены по модулям, интеллектуальный анализ процессов позволяет анализировать межфункциональные коммуникации, определять влияние, которое различные подразделения оказывают друг на друга, оценивать достижение целей владельцев бизнес-процессов и мониторить процедурную дисциплину. Кроме того, система помогает проводить аудит качества исполнения автоматизированных процессов, сопоставлять их с эталонными моделями и выявлять несовершенства, что способствует повышению эффективности процессов, оптимизации отдельных элементов, и повышению качества управления в компании.

Process Mining работает следующим образом: это восстановление фактического алгоритма бизнес-процесса на основе данных о событиях и дальнейший его анализ. Чем больше данных оставляют системы, тем шире возможности для анализа и настройки соответствующих метрик. Система позволяет агрегировать данные из различных источников.

Внедряя *Process Mining*, приоритетом выступает стремление к непрерывному контролю без вмешательства в операционную деятельность производственных подразделений. Цель – мониторинг и выявление отклонений, решение нетипичных задач управления бюджетом, контроль за соблюдением установленных процедур и проверка корректности данных.

Со стороны ИТ-подразделения сформирована внутренняя команда внедрения и поддержки изменений. Такой симбиоз помогает реализовывать быстрое и четкое решение бизнес-задач.

В качестве промежуточного итога можно отметить три ключевых цели.

1. Аудит соответствия процессов, который включает оценку соответствия текущей производительности эталонной модели, анализ работы конкретных исполнителей, измерение времени выполнения процессов, а также определение необходимого количества ресурсов. Аудит соответствия позволяет выявлять среднее время обработки операций (например, согласование заказа на поставку может занимать от 5 минут до суток), определять медианные показатели для принятия управленческих решений, оптимизировать процессы на основе фактических данных, а также корректировать отклонения от целевых показателей.

2. Операционная эффективность: мониторинг соответствия реальных процессов запланированным, выявление типовых ошибок, определение неэффективных участков и поиск возможностей для оптимизации.

3. Управление изменениями (сравнение состояния процессов до и после внедрения изменений, оценка эффективности внесенных корректировок по ключевым метрикам, минимизация затрат при трансформации процессов, оптимизация путей достижения целевых показателей).

Компании получают возможность в реальном времени отслеживать нарушения процедур, например, многократную отправку некорректных заказов на согласование, и проводить аудит «цифровых следов» каждого пользователя.

Система позволяет незаметно для пользователей осуществлять мониторинг и контроль, превращая функцию контроля из блокирующей в упреждающую. Благодаря созданию сети контрольных точек можно заранее выявлять потенциальные проблемы и предотвращать их возникновение. Это создает благоприятную среду для эволюции контроля, способствуя повышению его эффективности и качества на всех этапах.

Второй аспект вытекает из первого: это эволюция контролеров, которые становятся неотъемлемой частью бизнес-процессов, органично встраиваясь в их структуру, трансформируются из блокировщиков в проактивных партнеров.

Важно, что система способствует развитию компетенций всех сотрудников. Обнаруживая систематические ошибки, легче работать над их устранением,

например, путем обучения персонала или оптимизации процессов, тем самым повышая общий уровень осознанности на местах.

И, наконец, целенаправленно исключаются излишние контрольные процедуры. Например, первоначально реализованный блокирующий контроль платежей теперь не нужен, от него отказываются, переместив фокус контроля на заказ на поставку и договор. Благодаря смещению контроля на более ранние стадии нивелируются препятствия для бизнеса, а казначейство получает всю необходимую информацию для проведения платежей.

В итоге, новый подход обеспечивает интеграцию контролера в бизнес-процессы, создает условия для развития нового поколения контрольных функций, повышает эффективность и качество контроля, а также исключает избыточные процедуры, не мешая бизнесу.

Мониторинг производственных показателей («Полиметалл»): горнорудная компания «Полиметалл» внедряет централизованную систему производственного учета на базе «*1С:ERP*» [7]. Новая система позволяет объединить предприятия группы в разных регионах, от Магаданской области до Красноярского края, на единой платформе и обеспечить сбор и обработку данных по 65 производственным показателям. Всего на базе решения автоматизировано 510 рабочих мест.

Система обеспечивает однократность ввода данных, единые стандарты отчетности и контроль изменений, а также формирует сложные отчеты и справки для руководства. Среди ключевых функций: мониторинг потребления энергоресурсов, контроль за эффективностью использования техники, анализ выпуска продукции и работы лабораторий.

Потоки данных реального времени и производственные процессы

Это один из примеров «передовой» цифровизации, где аномалии возможно «ловить» за доли секунды, чтобы предотвратить сбои. Особо хочется отметить использование контроля структуры металла в реальном времени, когда ИИ учится управлять не только формой, но и внутренними свойствами металла.

Интеллектуальный видеоанализ в конвертерном производстве (ЕВРАЗ ЗСМК): на ЗСМК ЕВРАЗа успешно реализован проект цифровизации конвертерного производства [8]. Внедренная система интеллектуального видеоанализа объединяет технологии промышленного интернета вещей, компьютерного зрения и искусственного интеллекта, что позволяет принципиально изменить подход к контролю технологических процессов.

До внедрения инновационного решения оценка уровня металла в стальковшах осуществляется операторами визуально, что приводит к существенным технологическим погрешностям. По данным производственного мониторинга, традиционный метод вызывает до 3 % потерь металла, ускоренный износ огнеупорных материалов и повышенный риск аварийных ситуаций.

Созданная система включает сеть высокоточных тепловизионных камер с разрешением 4К, подключенных к вычислительному кластеру на базе современных графических процессоров. Разработанные алгоритмы глубокого обучения в реальном времени анализируют комплекс параметров: тепловые характеристики металла в диапазоне 1200–1600 °С, температурные аномалии огнеупоров, динамику формирования шлакового слоя и геометрические параметры ковша.

Реализация проекта приносит значительный экономический и производственный эффект. Точность определения уровня металла достигает ±2 мм при времени обработки данных менее 500 мс. Автоматическое протоколирование каждого технологического цикла позволяет создать цифровой двойник производственного процесса. Экономический эффект выражается в снижении потерь металла на 1,8 %, увеличении межремонтного периода футеровки на 15 % и годовой экономии в 28 млн руб. Одновременно удается снизить воздействие вредных факторов на персонал на 40 % и полностью исключить необходимость визуального контроля в опасной зоне.

Мобильные рабочие места для контроля качества (ММК): на Магнитогорском металлургическом комбинате внедрено новое цифровое решение. «Умная» система повышает оперативность и эффективность инспекционного контроля технологии производства и качества жести с защитным слоем олова, нанесенным методом электролитического осаждения [9].

Разработанное ИТ-решение позволяет сотрудникам отдела контроля качества и приемки продукции (ОКП) использовать для контроля удобные планшеты с установленным приложением. Приложение позволяет сканировать штрих-код на маркировочном ярлыке, что удобно, так как на экране тут же отображается нужная информация. Это способствует увеличению скорости проверок, облегчает процедуру и способствует их периодичности. Также сокращаются потери времени, связанные с перемещением работников ОКП от зоны контроля до стационарных рабочих мест. Сканируя штрих-код на продукте, инспектор мгновенно видит всю историю его производства на экране. Данные улучшения напрямую снижают риски претензий от потребителей.

Все эти примеры объединяет использование передовых технологий и ощутимый бизнес-результат.

Основные технологии: Компьютерное зрение, промышленный интернет вещей (*IIoT*), машинное обучение (включая глубокое обучение и *Data Mining*), цифровые двойники, *Process Mining*, *MES*- и *LIMS*-системы.

Экономический и производственный эффект:

- снижение потерь и брака: У ЕВРАЗ ЗСМК потери металла снижаются на 1,8 %;
- увеличение срока службы оборудования: Футеровка теперь служит на 15 % дольше;
- сокращение внеплановых простоев за счет предиктивной аналитики;
- повышение производительности труда за счет автоматизации рутинных операций и мобильных инструментов;
- улучшение условий труда: Дистанционный контроль в опасных зонах снижает воздействие вредных факторов на персонал на 40 %.

Подготовка кадров нового поколения

Хочется привести пример образовательных инициатив для конкретных исследовательских проектов и концепций будущего. В рамках концепции Индустрия 4.0 (Четвертая промышленная революция) особое внимание уделяется не только новым подходам к производству, основанным на массовом внедрении информационных технологий в промышленность, автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта. Особую роль играет создание базы для развития технологий с точки зрения подготовки кадров и поддержке государства в развитии образовательных программ и специалитетов. В России уже создается инфраструктура для интеграции ИИ в машиностроительную отрасль. Создание современной инфраструктуры и налаживание прочных связей между вузами, научно-исследовательскими институтами и промышленностью становятся залогом успешной реализации национального проекта «Средства производства и автоматизации» и его направления по развитию промышленной робототехники. Так Южно-Уральский государственный университет и Челябинский кузнечнопрессовый завод подписывают соглашение о создании Научно-образовательного центра «Кузнечно-штамповочное производство с использованием искусственного интеллекта» [10, 11].

Выводы. 1. Интегрированные системы управления и инструменты искусственного интеллекта должны восприниматься субъектами бизнеса не как разовая технологическая модернизация, а как долгосрочные стратегические инвестиции, направленные на повышение операционной эффективности, снижение затрат, улучшение связи с персоналом и обеспечение соблюдения отраслевых стандартов.

2. В секторах металлургии и машиностроения мониторинговые комплексы претерпевают качественную трансформацию: от простой регистрации показателей к функционированию в режиме интеллектуальных ассистентов, позволяющих в режиме реального времени предупреждать возникновение аварий и минимизировать производственные потери [12].

3. Определение конкретной траектории внедрения инноваций требует предварительного аудита существующих на рынке технологий, учитывающего специфику индустрии, масштаб деятельности компании и уровень ее цифровой зрелости.

Список литературы

1. *Новиков А. В., Зельцбург С. А*. Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства в рамках национального проекта «Средства производства и автоматизации» // Научно-технологическое развитие 2025: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука». 2025. С. 7–16.

2. *Приказ* Минпромторга России от 25 июля 2023 г. № 3456 «Об утверждении стратегии развития робототехники в Российской Федерации на период до 2030 года» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2023. № 34.

3. *Diez-Olivan A., Del Ser J., Galar D., Sierra B.* Data fusion and machine learning for industrial prognosis: Trends and perspectives towards Industry 4.0 // Information Fusion. 2019. № 50. Pp. 92–111.

4. *Dovletova D., Shohradova J.* The internet of Things (IOT): transforming the digital landscape // Матрица научного познания. 2024. № 10–2. С. 44–47.

5. *Группа* НЛМК цифровизирует работу промышленных лабораторий // Вести Липецк. URL: https://vesti-lipetsk.ru/novosti/obshestvo/gruppa-nlmk-cifroviziruet-rabotu-promyshlennyh-laboratorij/.

6. *Козлова Ю.* «Норникель»: Новая роль контролера: от «шлагбаума» к бизнес-партнеру с помощью Process Mining // CFO Russia. URL: https://www.cfo-russia.ru/stati/?article=92556&sphrase_id=17772/.

7. *«Полиметалл»* внедрил централизованный производственный учет на базе 1С:ERP // IT World. URL: https://www.it-world.ru/news-company/jwdq7d9i95w4kgws0gkwo8c4kgg88gc.html.

8. *ЕВРАЗ* ЗСМК снижает потери благодаря системе цифровизации // Журнал «Глобус». URL: https://www.vnedra.ru/novosti/evraz-zsmk-snizhaet-poteri-blagodarya-sisteme-czifrovizaczii-28412/.

9. *В Магнитогорске* автоматизировали контроль качества белой жести // Аргументы и факты – Челябинск. URL:

https://chel.aif.ru/society/v-magnitogorske-avtomatizirovali-kontrol-kachestva-beloy-zhesti\.

10. *Постановление* Правительства РФ от 31 марта 2021 г. № 518 «Об утверждении государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2021. № 15. Ст. 2601.

11. *В Челябинске* появился НОЦ «Кузнечно-штамповочное производство с использованием искусственного интеллекта» // Зеленый понедельник. URL: https://greenmonday.csu.ru/news/v-chelyabinske-poyavilsya-nots-kuznechno-shtampovochnoe-proizvodstvo-s-ispolzovaniem-iskusstvennogo-intellekta/#search-bar.

12. *Гайдамака А. И., Муминова С. Р., Куприянов А. В.* Использование GigaCode в деятельности IT-компаний // Цифровые решения и технологии искусственного интеллекта. 2025. № 1 (2). С. 18–25.

References

1. Novikov A. V., Zeltsburg S. A. Development of industrial robotics and production automation within the framework of the national project «Means of Production and Automation». *Scientific and Technological Development 2025: Collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership* «*New Science*», 2025, pp. 7–16.

2. *Ob utverzhdenii strategii razvitiya robototekhniki v Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda* [On approval of the strategy for the development of robotics in the Russian Federation for the period up to 2030]. Order of the Ministry of Industry and Trade of Russia no. 3456 dated 25.07.2023, Bulletin of Normative Acts of Federal Executive Bodies, 2023, no. 34.

3. Diez-Olivan A., Del Ser J., Galar D., Sierra B. Data fusion and machine learning for industrial prognosis: Trends and perspectives towards Industry 4.0. *Information Fusion*, 2019, no. 50, pp. 92–111.

4. Dovletova D., Shohradova J. The internet of Things (IOT): transforming the digital landscape. *Omega Science*, 2024, no. 10–2, pp. 44–47.

5. NLMK Group digitizes the work of industrial laboratories. *Vesti lipetsk*, available at: https://vesti-lipetsk.ru/novosti/obshestvo/gruppa-nlmk-cifroviziruet-rabotu-promyshlennyh-laboratorij/.

6. Kozlova Y. Norilsk Nickel: The new role of the controller: from a «barrier» to a business partner with Process Mining. *CFO-Russia*, available at: https://www.cfo-russia.ru/stati/?article=92556&sphrase_id=17772/.

7. Polymetal has implemented centralized production accounting based on 1C:ERP. *IT-World*, available at: https://www.it-world.ru/news-company/jwdq7d9i95w4kgws0gkwo8c4kgg88gc.html.

8. EVRAZ ZSMK reduces losses thanks to the digitalization system. *Journal Globus*, available at: https://www.vnedra.ru/novosti/evraz-zsmk-snizhaet-poteri-blagodarya-sisteme-czifrovizaczii-28412.

9. In Magnitogorsk, the quality control of tinplate was automated. *Argumenty i Fakty Chelyabinsk*, available at: https://chel.aif.ru/society/v-magnitogorske-avtomatizirovali-kontrol-kachestva-beloy-zhesti.

10. *Razvitie promyshlennosti i povyshenie ee konkurentosposobnosti* [On approval of the state program «Development of industry and increasing its competitiveness]. Decree of the Government of the Russian Federation no. 518 dated 31.03.2021, Collection of Legislation of the Russian Federation, 2021, no. 15, art. 2601.

11. A REC «Forging and stamping production using artificial intelligence» has appeared in Chelyabinsk. *Green Monday CSU*, available at: https://greenmonday.csu.ru/news/v-chelyabinske-poyavilsya-nots-kuznechno-shtampovochnoe-proizvodstvo-s-ispolzovaniem-iskusstvennogo-intellekta/#search-bar.

12. Gaidamaka A. I., Muminova S. R., Kupriyanov A. V. Using GigaCode in IT-companies. *Digital Solutions and Technologies of Artificial Intelligence*, 2025, no. 1 (2), pp. 18–25.

УДК 338.57

Л. Ф. ШАЙБАКОВА, Е. А. СКВОРЦОВ, доктора экономич. наук; Г. М. МОРОЗОВА, канд. пед. наук (Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург)
E-mail: econlaw@mail.ru
L. F. Shaybakova, E. A. Skvortsov, G. M. Morozova (Ural State University of Economics, Yekaterinburg)

Оценка и оптимизация ценообразования на экспортную продукцию в медном производстве

Evaluation and optimization of pricing for export products in copper production

Российская продукция медного производства является востребованной на мировом рынке меди и изделий из нее. Процесс ценообразования на экспортную продукцию в российской медной промышленности основан на методе учета полных затрат. Такое ценообразо-

вание не всегда позволяет сформировать конкурентоспособную цену на производимые изделия. Актуальность данного исследования связана с изучением теории и практики ценообразования на продукцию медного производства, результаты которого имеют прикладное значение для российских производителей меди и изделий из нее. Они позволяют организациям формировать не только конкурентоспособную цену, но и закладывать в цену уровень доходности, способствующий дальнейшему развитию.

Russian copper products are in demand in the global copper and copper product markets. Pricing for exports in the Russian copper industry is based on full cost accounting. This approach does not always allow for competitive pricing of manufactured products. The relevance of this study lies in its examination of the theory and practice of copper product pricing, the results of which have practical implications for Russian copper and copper product manufacturers. They enable organizations to not only set competitive prices but also incorporate a profitability factor into their pricing that facilitates future growth.

Ключевые слова: медное производство; ценообразование; экспортная продукция; метод кайзен-костинг; покупные полуфабрикаты.

Keywords: copper production; pricing; export products; kaizen costing method; purchased semi-finished products.

В своих научных трудах авторы ранее поднимают проблему развития медного производства в России, а также предпринимают попытки оценки особенностей и тенденций развития мирового и российского рынков меди [1–3]. В данной работе основное внимание сосредоточим на изучении механизмов ценообразования на продукцию в медном производстве. Поскольку медь и продукция из нее пользуется спросом на мировом товарном рынке, сосредоточим внимание на вопросе ценообразования на экспортную продукцию.

Цель данной работы – изучение теории и практики ценообразования на продукцию экспортного производства в медном производстве и разработка рекомендаций по его совершенствованию. Объектом исследования будут выступать российский опыт ценообразования, а также механизмы формирования цен на экспортную продукцию ОАО «Уральская горнометаллургическая компания». В соответствии с поставленной целью авторами изучены теоретические аспекты ценообразования на экспортную продукцию медного производства РФ, проведена оценка бизнес-процесса ценообразования в ОАО «УГМК» и предложены рекомендации по совершенствованию исследуемого бизнес-процесса для крупнейшего производителя меди в России. В ходе исследования используются методы сравнительного анализа цен, мониторинга конкурентных цен, статистический анализ. Исследование базируется на трудах отечественных и зарубежных ученых в области ценообразования на промышленную продукцию, таможенно-тарифного регулирования, формирования цен на продукцию металлургических предприятий.

Одним из наиболее важных металлов цветной металлургии является медь – ее часто называют «барометром мировой экономической активности», так как темпы производства и потребления меди тесно связаны с темпами развития экономики. С точки зрения экономики, производство меди является и активно развивающимся, и инновационным, и крайне перспективным. Об этом говорят многие ученые-исследователи [4–10]. По данным Государственного доклада «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов РФ в 2023 г.», «основную часть добычи меди в России обеспечивают предприятия трех вертикально-интегрированных холдингов: ПАО «ГМК «Норильский никель» («Норникель»), ОАО «Уральская горнометаллургическая компания» (ОАО «УГМК»), АО «Русская медная компания» (АО «РМК»). С 2023 г. в число значимых предприятий входит ООО «Удоканская медь», эксплуатирующее Удоканское месторождение в Забайкальском крае» [11].

Устойчивое экономическое развитие государства невозможно без сформированных и эффективно функционирующих внешнеэкономических связей. Расширение экспортной деятельности оказывает значительное влияние на структуру занятости, стимулируя развитие экспортно-ориентированных секторов экономики. Это, в свою очередь, приводит к позитивным социально-экономическим эффектам, включая повышение уровня занятости и экономический рост в соответствующих отраслях. В целях развития черной и цветной металлургии в 2022 г. разработана и утверждена Стратегия развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 г. [12]. Основные цели Стратегии заключаются в стимулировании спроса на металлопродукцию отечественного производства внутри страны и уменьшении стоимости данной продукции, а также обеспечении большего доступа к зарубежным рынкам; увеличении эффективности процесса переработки металла и расшире-

нии производства высококачественной металлопродукции; обеспечении металлургических предприятий непрерывным поставками критически важного сырья, оборудования, комплектующих и материалов. Инструментарий государственной поддержки отечественных товаропроизводителей меди и изделий из нее включает оптимизацию налоговой нагрузки; изменение тарифов на услуги ОАО «РЖД»; внедрение новых методов перекрестного субсидирования в электросетевой сфере; использование механизмов отслеживания цен на внутренних и внешних рынках для основных видов металлической продукции [12]. Это должно способствовать эффективному регулированию цен, а также отмене пошлин на критически важные сырьевые материалы, которые не производятся в России, такие как медный штейн, титановый шлак и ильменитовый песок.

В эпоху плановой экономики государство осуществляет централизованное регулирование ценовых механизмов. Цены на продукцию, как правило, не коррелируют с их реальной потребительской стоимостью, а носят преимущественно символический характер. С переходом к рыночным принципам хозяйствования металлургические предприятия вынуждены разрабатывать собственные стратегии ценообразования, адаптируясь к новым экономическим реалиям и рыночным условиям.

В современных экономических условиях экспортеры при формировании стоимости внешнеторговой сделки должны учитывать ряд факторов, учет и профилактика которых предоставляет возможность для более эффективного соперничества отечественных компаний, занимающихся экспортом или импортом товаров и услуг, на внутреннем и внешнем товарных рынках, а также позволяет минимизировать возможные риски и обеспечить успешное осуществление сделки. К ним следует отнести санкции, применяемые в отношении отечественных компаний, а также в отношении стран-партнеров России. По мнению М. К. Малышева, «санкционное давление стран коллективного Запада против РФ с конца февраля 2022 г. привело к росту мировых цен на продукцию, где Россия имеет высокую значимость в мировой торговле, а именно: нефть, газ, удобрения и цветные металлы (удельный вес российской меди в мире – 3 %)» [13]. Экономические ограничения, по мнению данного исследователя, вызывают опасения инвесторов и приводят к ценовой нестабильности.

Рынок цветных металлов в России тесно связан с мировым рынком металлов и оказывается под влиянием ценового давления ведущих экспортно-ориентированных производителей цветного металлопроката. На российском рынке существует высокая конкуренция между компаниями, которые обеспечены сырьевыми ресурсами для производства меди. Стоимость меди и медной продукции зависит от цен на Лондонской бирже металлов, что оказывает влияние на конкурентоспособность российских производителей. Внутренние факторы производителя, такие как затраты на производство, доступ к сырью и электроэнергии, оказывают влияние на себестоимость медной продукции. В последние годы конкуренция на российском рынке меди становится все более ожесточенной. Это объясняется растущим спросом на медь со стороны развивающихся стран, включая Китай и Индию. В результате, мировые цены на медь увеличиваются, что позволяет российским производителям получать больше прибыли. Однако, рост цен на медь также приводит к увеличению себестоимости медной продукции [14].

Система ценообразования в России отличается от зарубежной по ряду особенностей. Одной из этих особенностей является то, что большинство российских промышленных предприятий используют *метод полных затрат* для расчета себестоимости выпускаемой продукции. Это означает, что в себестоимость включаются все затраты, которые понесены предприятием в процессе производства и реализации продукции, включая как прямые, так и косвенные затраты, а также другие расходы, связанные с деятельностью предприятия. Акционерное общество «Уральская горно-металлургическая компания» (ОАО «УГМК») не является исключением. Преимущество данного метода заключается в его простоте. Учет издержек производства осуществляется на основе калькуляции. Кроме того, данный метод позволяет установить предел цены, ниже которого она может опускаться лишь в исключительных случаях.

Рассмотрим формирование стоимости продукции для экспорта в рамках стандартного контракта. Документ, устанавливающий внешнеторговую цену, – расчет экспортной цены (обоснование цены по сделке) создается обычно работниками внешнеторгового отдела компании ОАО «УГМК» по принципу: кто продает (покупает) товар, тот и рассчитывает цену. Основное отличие экспортной калькуляции от внутренней заключается в дополнительных расходах по сбыту, а именно: комиссионное вознаграждение продавцов и представителей (не более 5 %); расходы продавца и покупателя на таможенные процедуры (сборы, пошлины, налоги) в зависимости от условий поставки в контракте; транспортные издержки (так же зависят от условий поставки, прописанных в контракте); расходы по страхованию товара (условия поставки); затраты на упаковку, включая мате-

риалы, такие как палеты или катушки; расходы на оформление сертификатов качества и сертификатов происхождения, выдаваемых торгово-промышленными палатами (ТПП). Таким образом, экспортная калькуляция представляет собой комплексный анализ всех затрат, возникающих в процессе реализации продукции на международных рынках, что позволяет обеспечить точность и обоснованность финансовых расчетов.

Исходя из вышесказанного, приведем расчет конечной цены товара для экспорта в рамках стандартного контракта, например, для поставки в Турцию. Российские металлургические кампании при заключении контракта с покупателями преимущественно используют условия поставки «*FCA*». Условия поставки *FCA* – «*Free Carrier*» или «Франко перевозчик» до места назначения представляют собой базис поставки груза, в соответствии с которым обязательства продавца считаются исполненными, когда товар передан перевозчику, выбранному покупателем [15]. Применяется *FCA* для поставки грузов любым видом транспорта, в т. ч. смешанным видом логистики. К обязанностям продавца по *FCA* относят [15]: погрузку товара на транспорт перевозчика, которого выбирает покупатель, в согласованном месте отправки; оформление вывозных таможенных документов и оплата таможенных сборов и платежей. К обязанностям покупателя по этому базису поставки относятся: оплата полной стоимости товара, в соответствии с условиями внешнеторгового контракта; оформление ввозных таможенных документов и оплата таможенных сборов и платежей; транспортировка груза от места его загрузки до назначенного места, в т. ч. доставка до своего склада/магазина/завода; приемка товара.

Таким образом, цена контракта по поставке медной катанки в Турцию на условиях поставки «*FCA*» и дополнительными расходами по сбыту составляет:

1. Цена изделия – 961 477 руб. за тонну + 5 % (комиссионное вознаграждение продавцов и представителей) = 1 057 624,7 руб.

2. 1 057 624,7 руб. + 7 % экспортная пошлина (согласно Постановлению Правительства РФ от 21.09.2023 № 1538) = 1 131 658,4 руб.

3. 1 131 658,4 + 25 % (тарифы РЖД, транспортных компаний, океанских линий) = 1 414 573,04 руб.

4. 1 414 573,04 + 3 % (упаковка) = 1 457 010,23 руб.

5. 1 457 010,23 (расходы по оформлению сертификатов качества, сертификатов происхождения) + + 0,5 % = 1 464 295,28 руб. – итоговая цена контракта.

В условиях динамичной рыночной конъюнктуры, а также в зависимости от специфических факторов, таких как глобальные экономические тенденции, конкурентное положение экспортера и стратегические подходы к ведению переговоров, фактическая цена экспортного контракта может значительно отклоняться от базисного уровня, который, в свою очередь, формируется на основе цен конкурентов. В связи с этим, экспортерам необходимо тщательно анализировать и определять минимальную цену, до которой они могут скорректировать свои коммерческие предложения в рамках переговорного процесса. Эта минимальная цена, в свою очередь, определяется совокупностью производственных и реализационных издержек экспортера, а также минимальной приемлемой рентабельностью, обеспечивающей финансовую устойчивость и долгосрочные перспективы развития компании. В ряде случаев экспортеры могут принимать решение о временной минимизации прибыли, например, с целью проникновения на новые рынки или закрепления своих позиций в условиях высокой конкуренции.

Ценообразование в условиях санкционного давления и инфляционных процессов может быть подвержено профилактике рисков посредством различных трансформаций, включая модификацию формулы расчета производственных затрат на экспортную продукцию. В частности, предлагается внедрить адаптивные значения, корректирующие стоимость в зависимости от уровня санкционного воздействия и наличия альтернативных способов реализации внешнеторговых сделок. Инновационность данного подхода заключается в разработке методики оптимальной оценки стоимости, которая может быть успешно применена в реальных экономических условиях и верифицирована на глобальном рынке. Это позволит создать теоретические основы для изучения и конструирования эффективных моделей антикризисного управления в международной торговле на уровне страны, региона и отдельных компаний. Таким образом, предлагаемая методология не только обеспечивает адаптивность ценообразования к внешним шокам, но и способствует формированию научно обоснованных стратегий антикризисного реагирования, что имеет важное значение для повышения устойчивости экономических систем в условиях глобальной нестабильности.

Процесс ценообразования в компании ОАО «УГМК» представляет собой сложную многоэтапную процедуру, включающую в себя два ключевых компонента. Во-первых, калькуляцию себестоимости продукции; во-вторых, формирование отпускной цены, которая интегрирует себестоимость и планируемый уровень рентабельности. Себестоимость является фундаментальной составляющей отпускной стоимости, что обуславливает ее определяющее вли-

яние на итоговую цену реализации. В связи с этим, регулирование ценовой политики компании осуществляется преимущественно через управление уровнем рентабельности, что позволяет гибко адаптировать цены к изменяющимся рыночным условиям и стратегическим целям предприятия.

В связи с тем, что компания ОАО «УГМК» располагает как техническими, так и финансовыми возможностями по увеличению сырьевой базы, она может в будущем частично отказаться от импортного сырья. Как свидетельствуют данные Государственного доклада «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов РФ в 2023 г.», горнодобывающие предприятия холдинга ОАО «УГМК» разрабатывают медноколчеданные и полиметаллические месторождения Южного и Среднего Урала, Алтая и Северного Кавказа. Основную добычу обеспечивают уральские медноколчеданные объекты. Основными сырьевыми активами ОАО «УГМК» являются Гайское (Оренбургская обл.), Юбилейное, Ново-Учалинское (Республика Башкортостан) и Сафьяновское (Свердловская обл.) месторождения, обеспечившие в 2023 г. 63,2 % (140,1 тыс. т меди) добычи компании (см. табл. 1) [11].

Геологические запасы руды Гайского месторождения составляют 35 лет при текущем уровне добычи. Юбилейное месторождение характеризуется ресурсным потенциалом на 27 лет, в то время как Сафьяновское месторождение обеспечивает сырьевую базу на 23 года при текущих производственных мощностях. Ново-Учалинское месторождение, принадлежащее АО «Учалинский ГОК», введено в эксплуатацию в 2023 г. Согласно актуализированной стратегии освоения, разработанной в 2023 г., отработка данного месторождения будет осуществляться до 2057 г. [11]. Вместе с тем металлургическая переработка медных концентратов, которая ведется на предприятиях ОАО «УГМК», испытывает некоторый сырьевой дефицит, компенсируемый поставками с рудника Бозшаколь (Казахстан) компании *KAZ Minerals* [11]. Реализация инвестиционных проектов на предприятиях, входящих в производственный комплекс УГМК, по прогнозным данным позволит сократить импортируемое сырье на 46 % к концу 2030 г. [16].

В условиях текущей рыночной конъюнктуры ОАО «УГМК» стремится к оптимизации финансовых результатов, что подразумевает достижение установленных показателей прибыли. Для реализации данной стратегической задачи необходимо проведение комплексной оптимизации производственных затрат, направленной на снижение себестоимости продукции. Для расчета прогнозных показателей выручки и рентабельности продукции, в данной работе использован метод «*kaizen costing*» (кайзен-костинг), представляющий собой методологию учета затрат, направленную на систематическое и перманентное снижение себестоимости продукции посредством реализации комплексной программы мероприятий на предприятии. В переводе с японского – «усовершенствование маленькими шагами». Данный подход интегрирует принципы непрерывного улучшения и оптимизации производственных процессов, что позволяет не только достигать краткосрочных экономических эффектов, но и обеспечивать долгосрочную конкурентоспособность и устойчивое развитие организации. В российской экономической литературе данный метод снижения затрат в процессе производства описывается многими авторами и признается как достаточно эффективный [17–20].

Целью метода кайзен-костинг является поиск оптимального варианта закупок покупных полуфабрикатов, что позволит снизить производственные затраты и повысить конкурентоспособность продукции. Порядок расчета затрат при применении метода «*kaizen costing*» включает в себя четыре этапа: на первом этапе на основе маркетинговых исследований рынка определяется возможная цена реализации; на втором этапе рассчитывается целевая себестоимость единицы продукции; на третьем этапе после расчета целевой себестоимости ее сравнивают со сметной, выявленная разница подлежит корректировке; на четвертом заключительном этапе производится перепроектирование стратегии закупок.

Для расчета экономического эффекта сравниваются прогнозные показатели себестоимости продукции (медной катанки 8 мм, 1 тонна) с фактическими. Для этого строится динамический ряд (см. табл. 2).

Средний абсолютный прирост составит: (786 857 – – 538 900) / 5 = 43 591 руб.

Построим выровненный динамический ряд (см. табл. 3).

Проведенные расчеты показывают, что при увеличении собственной сырьевой базы по прогнозным данным на 46 % для производства основных видов продукции, получаемых из медной руды, в т. ч. и для медной катанки, себестоимость изготовления снизится. Снижение себестоимости медной катанки обусловлено главным образом за счет сокращения закупаемых полуфабрикатов.

Для дальнейших расчетов целесообразно учитывать рост инфляции до 2030 г., разработанный Министерством экономики и развития РФ (см. табл. 4) [21].

Таким образом, согласно данным табл. 4, в период с 2021 по 2030 гг. ожидается инфляция (ИПЦ) на уровне 26 %. Для того чтобы произвести прогнозный расчет рентабельности продаж медной катанки,

как основного вида экспортной номенклатуры, используется с учетом произведенного прогноза себестоимость по методу кайзен-костинг (см. табл. 3). Рассчитывается цена на медную катанку с учетом прогнозной инфляции и сокращением покупных полуфабрикатов на 46 % (см. табл. 5).

Таблица 1

Основные разрабатываемые месторождения меди ОАО «УГМК»

Месторождение	Геолого-промышленный тип	Запасы на 01.01.2024, тыс. т	Доля в запасах РФ, %	Содержание Cu в рудах, %	Добыча в 2023 г., тыс. т
ООО «Башкирская медь» (ОАО «УГМК»)					
Юбилейное (Респ. Башкортостан)	Медноколчеданный	1193,6	1,2	1,64	25,5
ПАО «Гайский ГОК» (ОАО «УГМК»)					
Гайское (Оренбургская обл.)	Медноколчеданный	4205,3	4,1	1,33	81,8
АО «Учалинский ГОК» (ОАО «УГМК»)					
Ново-Учалинское (Респ. Башкортостан)	Медноколчеданный	1096,4	1,1	1,02	17,1
АО «Святогор» (ОАО «УГМК»)					
Волковское (Свердловская обл.)	Ванадиево-железомедный	779,7	0,8	0,63	14
ООО «Башкирская медь» (ОАО «УГМК»)					
Подольское (Респ. Башкортостан)	Медноколчеданный	1718	1,7	2,11	–

Таблица 2

Динамика себестоимости медной катанки ОАО «УГМК»

Годы	Себестоимость, руб.	Абс. Прирост (снижение) Δ руб.		Темп роста $Т_р$, %		Темп прироста $Т_{пр}$, %	
		к предыдущему году	к базисному	к предыдущему году	к базисному	к предыдущему году	к базисному
2018	538 900	–	–	–	–	–	–
2019	610 678	41 778	41 778	113	113	13	13
2020	690 017	79 339	121 117	112	128	12,3	28
2021	759 209	69 192	190 309	110	140	11	12
2022	786 857	27 648	217 957	103	146	10,3	14,6

Таблица 3

Динамика выровненной себестоимости медной катанки ОАО «УГМК»

Год	Себестоимость, руб.	Средний абсолютный прирост, руб.	Выровненная себестоимость, руб.
2018	538 900	43 591	582 491
2019	582 491	43 591	626 082
2020	626 082	43 591	669 673
2021	669 673	43 591	713 264
2022	713 264	43 591	756 855
2023	756 855	43 591	800 446
2024	800 446	43 591	844 037
Прогнозные показатели			
2025	844 037	43 591	887 628
2026	887 628	43 591	931 219
2027	931 219	43 591	974 810
2028	974 810	43 591	1 018 401
Прогнозные показатели с учетом сокращения импортируемого сырья на 46 %			
2029	1 018 401	43 591 – 79 334	982 658
2030	982 658	43 591 – 79 334	946 915

Таблица 4

Прогноз инфляции в России на период до 2030 г., прирост цен в %, в среднем за год

	2021–2025	2026–2030
Инфляция (ИПЦ)	3,7	2,8

Таблица 5

Расчет цены на медную катанку, производимую ОАО «УГМК», по методу полных издержек при сокращении покупных полуфабрикатов на 46 % в 2030 г., руб.

Калькуляция себестоимости	Катанка медная, 8 мм, руб. за тонну
Выручка от реализации (цена изделия) (п. 3 + п. 4)	1 181 461
1. Прямые издержки, всего, в т. ч.: (п. 1.1 + п. 1.2 + п. 1.3)	887 695
1.1 Полуфабрикаты собственные (811 кг) покупные (190 кг)	515 546 380 261 135 285
1.2 Оплата труда основных производственных рабочих	238 967
1.3 Прочие прямые затраты	133 182
2. Косвенные расходы (ОХР + коммерческие)	59 220
3. Себестоимость продукции (итого издержек) (п. 1 + п. 2)	946 915
4. Прибыль	234 546
5. Рентабельность, %	19,8

Таким образом, проведенный расчет затрат на производство медной катанки показывает, что частичное сокращение импортируемого сырья позволит снизить себестоимость продукции и, как следствие, повысить рентабельность продаж.

Переход мировой экономики на зеленые принципы дает шанс отечественным производителям цветных металлов успешно конкурировать на глобальном рынке. Компания ОАО «УГМК» располагает обширной ресурсной базой, позволяющей в обозримом будущем увеличить объем добычи руды и частично сократить зависимость от импорта сырья. Благодаря расчетам, полученным по методу кайзен-костинг, спрогнозирован расчет себестоимости медной катанки и получен оптимальный уровень рентабельности продукции. Эффективная реализация комплекса мер по оптимизации ценовой политики экспортной продукции будет способствовать созданию благоприятных условий для наращивания экспортного потенциала компании и ее интеграции в глобальные экономические процессы.

Выводы. 1. Проведенный анализ механизма ценообразования на экспортную продукцию промышленного предприятия показывает, что формирование экспортной стоимости довольно трудоемкий процесс, существенно отличающийся от механизмов, используемых при определении цен на внутренних рынках. Определение экспортной цены связано с учетом множества переменных, специфичных для различных рынков. Необходимо учитывать не только спрос и конкуренцию, но и механизмы государственного регулирования цен, валютные курсы, таможенные тарифы.

2. Для многих стран мирового сообщества добыча медных руд и производство из них меди и медной продукции является жизненно важным фактором развития национальных экономик, базирующихся на высокотехнологичных производствах. По свидетельству источника [22] «признанными лидерами по добыче медной руды являются Чили, Китай и Перу, на долю которых приходится почти половина мировой добычи медной руды». Россия имеет достаточно развитую сырьевую базу меди, которая позволяет стране входить в число крупнейших мировых производителей этого металла. Ожидается рост спроса на медь в ближайшие годы, особенно в связи с увеличением использования электроники и электромобилей.

3. ОАО «УГМК», являясь одним из ведущих производителей меди в РФ, демонстрирует высокую степень экономической устойчивости и сбалансированности. Компания успешно удовлетворяет растущие внутренние потребности в меди, одновременно сохраняя конкурентоспособность и укрепляя свои позиции на международном рынке экспорта. Следует подчеркнуть, что решающее воздействие на динамику производственных процессов УГМК оказывают флуктуации конъюнктуры мирового рынка и колебания мировых цен, особенно в сегменте сырьевых товаров.

4. В ходе исследования установлено, что конкурентная борьба на российском рынке меди не ограничивается исключительно характеристиками выпускаемой продукции. Ключевым фактором, определяющим конкурентные позиции производителей, является уровень обеспеченности сырьевыми ресурсами. Следует отметить, что ценовая конкуренция практически не наблюдается, поскольку стоимость меди и медной продукции коррелирует с котировками на Лондонской бирже металлов, что нивелирует возможность ценовых манипуляций и стратегического ценообразования. Кроме того, металлургическая компания находится в зависимости от зарубежного сырья, часть которого она импортирует.

5. В результате проведенного анализа, выявившего негативную корреляцию между деятельностью компании ОАО «УГМК» и зависимостью от импортного сырья, разработаны рекомендации, направленные на оптимизацию механизма ценообразования, повыше-

ние конкурентоспособности и эффективности производственной деятельности. Благодаря расчетам, выполненным по методу кайзен-костинг, спрогнозирован уровень себестоимости медной катанки и получен оптимальный уровень рентабельности продукции. Оптимизация механизмов ценообразования экспортной продукции обеспечит создание благоприятных условий для устойчивого развития экспортного потенциала компании, что, в свою очередь, будет способствовать повышению конкурентоспособности на международных рынках и укреплению позиций компании в глобальной экономической системе.

Список литературы

1. *Шайбакова Л. Ф.* Тенденции и особенности развития мирового и российского рынков меди. Развитие российской социально-экономической системы: вызовы и перспективы. Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда». 2024. С. 121–139.

2. *Шайбакова Л. Ф., Мыларщикова Е. А.* Состояние и тенденции развития медного производства // Менеджмент и предпринимательство в парадигме устойчивого развития: Мат-лы I Междунар. науч.-практич. конф. В 2-х т. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет. 2018. Т. 2. С. 209–213.

3. *Мыларщикова Е. А., Шайбакова Л. Ф.* Инновационное развитие производства меди: мировая и российская практика // Конкурентоспособность субъектов хозяйствования в условиях новых вызовов внешней среды: проблемы и пути их решения: Сб. мат-лов XX Междунар. науч.-практич. конф. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет. 2018. С. 407–417.

4. *Палкина Д. С.* Развитие корпораций цветной металлургии в России // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2023. Т. 9. № 1. С. 86–100.

5. *Гребенюк М., Симонов В.* Мировой рынок меди в условиях санкций: опыт ПАО «ГМК «Норникель» // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2023. № 6. С. 191–195.

6. *Вира Д. Ю.* Исследование оборота меди в России // Финансовая экономика. 2024. № 5. С. 201–208.

7. *Вира Д. Ю.* Перспективы развития рынков медной промышленности России в новых условиях // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 3–3. С. 344–354.

8. *Кельчевская Н. Р., Ситкина Е. П., Попова К. А.* и др. Оценка долгосрочных результатов работы медной промышленности: проблемы и перспективы // Вопросы инновационной экономики. 2024. Т. 14. № 1. С. 307–324.

9. *Петров И. М.* Тенденции и особенности рынков медного концентрата и рафинированной меди стран СНГ // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2024. № 3 (188). С. 96–99.

10. *Шайлиева М. М., Нестеренко Ю. Н.* Ретроспективный обзор и перспективы мирового и российского производства драгоценных металлов и меди // Региональная экономика. Юг России. 2025. Т. 13. № 1. С. 40–49.

11. *Государственный* доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2023 году» // ФГБУ «ВИМС». URL: https://vims-geo.ru/media/documents/Книга_ГД-2023.pdf.

12. *Распоряжение* Правительства РФ от 28.12.2022 № 4260-р. «Об утверждении Стратегии развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 г».

13. *Малышев М. К.* Рынок цветных металлов в условиях глобального кризиса и экономических санкций 2022–2023 гг. // Экономическая безопасность. 2024. Т. 7. № 7. С. 1901–1922.

14. *Иформационный* интернет-бюллетень. Минерально-сырьевые ресурсы России и мира // ФГБУ «ВИМС». URL: https://vims-geo.ru/documents/735/250.pdf.

15. *Pro export*. URL: https://pro-export-tm.com/incoterms.

16. *Производство* медной катанки: оборудование и технологии // ПКР – бизнес-планы, инвестпроекты, маркетинговые исследования. URL: https://prcs.ru/oborudovanie-i-tehnologii/proizvodstvo-mednoj-katanki/.

17. *Рыбакова О. В., Петракова Н. Г., Буневская С. Б.* Особенности применения систем калькулирования: «таргет-костинг» и «кайзен-костинг» // Управленческий учет. 2024. № 10. С. 294–301.

18. *Баянова О. В.* Современные методы управления затратами в условиях создания и поточного производства продукта // Modern Economy Success. 2025. № 2. С. 205–211.

19. *Варфоломеева В. А., Архипова И. И.* Управление затратами в условиях неопределенности // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 1. № 6 (159). С. 129–136.

20. *Андрук Н. С., Наумова Е. А.* Сравнительный анализ современных методов калькулирования себестоимости продукции // Путеводитель предпринимателя. 2024. Т. 17. № 3. С. 62–69.

21. *Распоряжение* Правительства РФ от 06.10.2021 № 2816-р «Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года».

22. *Singh G., Mothabeng L. S., Goel R.* Assessing the Financial Performance of Copper Market and Stock Price Prediction using Python: Statistical Analysis // 2024 5th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC). Trichy, India: 2024. Pp. 1915–1921.

References

1. Shaybakova L. F. *Tendentsii i osobennosti razvitiya mirovogo i rossiyskogo rynkov medi. Razvitiye rossiyskoy sotsialno-ekonomicheskoy sistemy: vyzovy i perspektivy* [Trends and Features of the Development of the Global and Russian Copper Markets. Development of the Russian Socio-Economic System: Challenges and Prospects]. Cheboksary, Izdatelskiy Dom Sreda, 2024, pp. 121–139.

2. Shaybakova L. F., Mylarshchikova E. A. Status and Development Trends of Copper Production. *Management and Entrepreneurship in the Sustainable Development Paradigm: Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. In 2 vol.* Ekaterinburg, Ural State University of Economics, 2018, pp. 209–213.

3. Mylarshchikova E. A., Shaybakova L. F. Innovative Development of Copper Production: Global and Russian Practice. *Competitiveness of Business Entities in the Context of New Challenges of the External Environment: Problems and Solutions: Collection of Materials of the XX International Scientific and Practical Conference.* Ekaterinburg, Ural State Mining University, 2018, pp. 407–417.

4. Palkina D. S. Development of non-ferrous metallurgy corporations in Russia. *Scientific Notes of the Vernadsky Crimean Federal University. Economics and Management*, 2023, vol. 9, no. 1, pp. 86–100.

5. Grebenyuk M., Simonov V. The global copper market under sanctions: the experience of PJSC MMC Norilsk Nickel. *Competitiveness in a global world: economics, science, technology*, 2023, no. 6, pp. 191–195.

6. Vira D. Yu. Study of copper turnover in Russia. *Journal of Financial Economics*, 2024, no. 5, pp. 201–208.

7. Vira D. Yu. Development prospects of Russian copper industry markets under new conditions. *Vestnik of the Altai Academy of Economics and Law*, 2024, no. 3–3, pp. 344–354.

8. Kelchevskaya N. R., Sitkina E. P., Popova K. A. et al. Assessment of long-term performance results of the copper industry: problems and prospects. *Russian Journal of Innovation Economics*, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 307–324.

9. Petrov I. M. Trends and Features of the Copper Concentrate and Refined Copper Markets in the CIS Countries. *Mineral resources of Russia. Economics & management*, 2024, no. 3 (188), pp. 96–99.

10. Shailieva M. M., Nesterenko Yu. N. Retrospective Review and Prospects of Global and Russian Production of Precious Metals and Copper. *Regional economy. The South Of Russia*, 2025, vol. 13, no. 1, pp. 40–49.

11. State Report «On the Status and Use of Mineral Resources of the Russian Federation in 2023». *FGBU VIMS*, available at: https://vims-geo.ru/media/documents/Книга_ГД-2023.pdf.

12. *Ob utverzhdenii Strategii razvitiya metallurgicheskoj promyshlennosti RF na period do 2030 g* [On approval of the Strategy for the development of the metallurgical industry of the Russian Federation through 2030]. Order of the Government of the Russian Federation no. 4260-r dated 28.12.2022.

13. Malyshev M. K. Non-Ferrous Metals Market in the Context of the Global Crisis and Economic Sanctions 2022–2023. *Economic Security*, 2024, vol. 7, no. 7, pp. 1901–1922.

14. Online Information Bulletin. Mineral Resources of Russia and the World. *FGBU VIMS*, available at: https://vims-geo.ru/documents/735/250.pdf.

15. *Pro Export*, available at: https://pro-export-tm.com/incoterms.

16. Copper Rod Production: Equipment and Technologies. *PKR – Business Plans, Investment Projects, Marketing Research*, available at: https://prcs.ru/oborudovanie-i-tehnologii/proizvodstvo-mednoj-katanki/.

17. Rybakova O. V., Petrakova N. G., Bunevskaya S. B. Features of the application of costing systems: «target costing» and «kaizen costing». *Managerial Accounting*, 2024, no. 10, pp. 294–301.

18. Bayanova O. V. Modern methods of cost management in the context of creation and flow production of a product. *Modern Economy Success*, 2025, no. 2, pp. 205–211.

19. Varfolomeeva V. A., Arkhipova I. I. Cost management under conditions of uncertainty. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 2025, vol. 1, no. 6 (159), pp. 129–136.

20. Andruk N. S., Naumova E. A. Comparative Analysis of Modern Methods of Calculating Product Costs. *Entrepreneur's Guide*, 2024, vol. 17, no. 3, pp. 62–69.

21. *Prognoz dolgosrochnogo social'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda* [Forecast of the Long-Term Socioeconomic Development of the Russian Federation through 2030]. Order of the Government of the Russian Federation no. 2816-r dated 06.10.2021.

22. Singh G., Mothabeng L. S., Goel R. Assessing the Financial Performance of Copper Market and Stock Price Prediction using Python: Statistical Analysis. *2024 5th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*. Trichy, India, 2024, pp. 1915–1921.

УДК 338.24:004.94

А. И. ГАЛКИН, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: aigalkin@fa.ru
A. I. Galkin (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Управление промышленной модернизацией на основе данных цифровых платформ и цифровых двойников предприятий и отраслей

Industrial modernization management based on data from digital platforms and digital twins of enterprises and industries

Статья посвящается управлению промышленной модернизацией на основе данных цифровых платформ и цифровых двойников, рассматриваемых как ключевой фактор повышения эффективности капиталоемких проектов, операционной результативности и рыночной стоимости промышленных компаний. Цель исследования состоит в коли-

чественной оценке влияния уровня цифровой зрелости, глубины применения цифровых двойников и интеграции промышленных платформ данных на показатели ROIC, OEE, энергоэффективности, качества продукции и инвестиционной привлекательности предприятий. Эмпирическую базу формируют деперсонализированные данные финансовой и операционной отчетности 1458 предприятий обрабатывающей промышленности, энергетики и добычи полезных ископаемых за 2018–2023 гг., дополненные отраслевой и макроэкономической статистикой; используются интегральный индекс цифровой зрелости (адаптация методологии Acatech), панельные регрессионные модели с фиксированными эффектами, DEA-анализ, имитационное моделирование Монте-Карло, t- и U-критерии для сопоставления групп. Показывается, что системное использование цифровых двойников снижает перерасход бюджета CAPEX с 14,67 до 2,84 %, сокращает срок выхода на проектную мощность почти на 19 %, повышает ROIC проектов на 5,22 п. п. и коэффициент оборачиваемости активов; внедрение платформ управления данными увеличивает OEE на 21,5 %, уменьшает удельное энергопотребление на 18,7 %, снижает долю брака более чем на 60 % и расходы на ТОиР на 30 %. Рыночный анализ выявляет устойчивую «цифровую премию»: компании-лидеры оцениваются по мультипликатору EV/EBITDA почти вдвое выше традиционных фирм при более низком коэффициенте Beta и ускоренном росте выручки за счет цифровых сервисов. Обнаруживается нелинейный характер отдачи от цифровизации с фазой «долины смерти» и последующей экспоненциальной траекторией повышения эффективности, а также рост разрыва между лидерами и догоняющими. Делается вывод о необходимости рассматривать цифровые платформы и цифровые двойники как стратегическую инфраструктуру управления модернизацией, интегрируя их в инвестиционные модели с учетом реальных опционов и интероперабельной архитектуры промышленных данных.

The article is devoted to industrial modernization management based on data from digital platforms and digital twins, considered as a key factor in increasing the efficiency of capital-intensive projects, operational performance and market value of industrial companies. The aim of the study is to quantitatively assess the impact of the level of digital maturity, the depth of digital twins implementation and the integration of industrial data platforms on ROIC, OEE, energy efficiency, product quality and investment attractiveness of enterprises. The empirical base consists of depersonalized financial and operational reporting data of 1,458 enterprises in manufacturing, energy and mining industries for 2018–2023, supplemented by sectoral and macroeconomic statistics; the study employed an integral digital maturity index (adapting the Acatech methodology), panel regression models with fixed effects, DEA analysis, Monte Carlo simulation and t- and U-tests for group comparisons. The results show that systematic use of digital twins reduces CAPEX budget overruns from 14,67 to 2,84 %, shortens the time to reach design capacity by almost 19 %, increases project ROIC by 5,22 p. p., and improves asset turnover; implementation of data management platforms increases OEE by 21,5 %, reduces specific energy consumption by 18,7 %, decreases defect rates by more than 60 % and lowers maintenance costs by 30 %. Market analysis reveals a sustainable «digital premium»: leading companies are valued at an EV/EBITDA multiple almost twice that of traditional firms, with a lower Beta coefficient and accelerated revenue growth driven by digital services. A nonlinear pattern of digitalization returns is identified, with a «valley of death» phase followed by an exponential efficiency growth trajectory, as well as a widening gap between leaders and laggards. The conclusion is made about the need to consider digital platforms and digital twins as strategic infrastructure for modernization management, integrating them into investment models that account for real options and interoperable industrial data architecture.

Ключевые слова: цифровые платформы; цифровые двойники; промышленная модернизация; управление на основе данных; операционная эффективность.

Keywords: digital platforms; digital twins; industrial modernization; data-driven management; operational efficiency.

Современная парадигма промышленного развития характеризуется фундаментальным сдвигом от экстенсивного наращивания мощностей к интенсивной модернизации, базирующейся на глубокой аналитике данных и цифровом моделировании. В условиях высокой волатильности рынков капитала и разрыва глобальных цепочек поставок, традиционные методы управления инвестиционными проектами, основанные на ретроспективном анализе и экспертных оценках, демонстрируют критическую неэффективность,

приводящую к перерасходу бюджетов в среднем на 35–40 % и срыву сроков реализации проектов [1]. Цифровая трансформация, ядром которой выступают промышленные платформы и технологии цифровых двойников, перестает быть сугубо технологическим трендом и переходит в разряд императивов финансовой устойчивости и конкурентоспособности. Согласно последним макроэкономическим отчетам, совокупный объем рынка решений для промышленного интернета вещей и предиктивной аналитики к концу текущего года достигнет отметки в 263,4 млрд долл., демонстрируя среднегодовой темп роста на уровне 16,7 %, что свидетельствует о массовом перетоке капитала в цифровые активы [2]. Однако количественный рост инвестиций не всегда коррелирует с качественным изменением производственных показателей, что порождает так называемый «парадокс продуктивности», когда внедрение *IT*-систем не приводит к немедленному росту рентабельности активов.

Ключевым фактором, определяющим успех модернизации, становится способность менеджмента трансформировать гетерогенные потоки данных, генерируемые на всех уровнях производственной иерархии, в верифицируемые управленческие решения. Цифровые двойники, представляющие собой виртуальные реплики физических активов, процессов или систем, позволяют проводить сценарное моделирование «что-если» с точностью до 96–98 %, существенно снижая риски капитальных вложений на этапе проектирования и пусконаладочных работ [3]. Статистика показывает, что предприятия, использующие цифровые двойники для управления жизненным циклом продукции, сокращают время вывода новых изделий на рынок на 20–25 %, а затраты на техническое обслуживание снижаются на 15–30 % за счет перехода от планово-предупредительных ремонтов к ремонтам по состоянию [4]. Тем не менее, уровень проникновения данных технологий остается крайне неравномерным: если в аэрокосмической отрасли и нефтехимии он приближается к 65 %, то в общем машиностроении и металлообработке едва превышает 18 % [5].

Проблема управления модернизацией на основе данных усугубляется отсутствием единых стандартов интероперабельности цифровых платформ, что приводит к формированию «лоскутной» автоматизации и возникновению информационных колодцев. По данным аналитических агентств, до 70 % времени специалистов по данным (*Data Scientists*) в промышленности тратится на очистку и нормализацию входящей информации, и лишь 30 % – на создание прогностических моделей, что существенно снижает экономическую отдачу от цифровизации [6]. Финансовые потери от принятия решений на основе некачественных или неполных данных в глобальном промышленном секторе оцениваются в триллионы долларов ежегодно. В этом контексте роль цифровых платформ трансформируется из инструмента сбора данных в среду обитания бизнеса, где происходит оркестрация всех ресурсов предприятия [7].

Эффективное управление модернизацией требует пересмотра подходов к оценке инвестиционной привлекательности проектов. Классические метрики, такие как *NPV* и *IRR*, рассчитываемые на статических предпосылках, часто не учитывают реальных опционов, которые создает цифровая инфраструктура [8]. Цифровой двойник позволяет динамически пересчитывать финансовую модель проекта в режиме реального времени, реагируя на изменения цен на сырье, энергоносители и комплектующие [9]. Это позволяет переходить к адаптивным стратегиям модернизации, когда объем и направление инвестиций корректируются итерационно, минимизируя замораживание капитала в незавершенном строительстве или неэффективном оборудовании. Текущая статистика банкротств промышленных предприятий указывает на то, что компании с низким уровнем цифровой зрелости в 2,3 раза чаще сталкиваются с кризисом ликвидности в периоды турбулентности [10].

Важно отметить, что накопление больших данных само по себе не является гарантией успеха; критическое значение имеет архитектура данных и алгоритмы их обработки. Промышленные данные обладают спецификой, связанной с высокой частотой, зашумленностью и необходимостью обработки в режиме жесткого реального времени, что накладывает особые требования к вычислительным мощностям и каналам связи [11]. Развитие граничных вычислений (*Edge Computing*) и сетей 5*G* открывает новые возможности для создания распределенных цифровых двойников, охватывающих не только отдельные станки, но и целые производственные цепочки, включая поставщиков и логистических операторов. Это создает предпосылки для перехода от оптимизации отдельных участков к системной оптимизации всей цепочки создания стоимости [12].

Макроэкономический эффект от внедрения цифровых двойников на уровне отраслей может выражаться в росте совокупной факторной производительности на 1,5–2 п. п. ежегодно, что является существенным драйвером экономического роста в условиях демографических ограничений и исчерпания эффекта низкой базы. Государственные программы поддержки цифровизации промышленности, реализуемые в ведущих экономиках, направлены на

стимулирование создания отраслевых платформ данных, которые должны стать фундаментом для новой индустриализации [13]. Однако без качественной методологической базы и подготовки кадров, способных работать в новой парадигме, эти инвестиции рискуют оказаться неэффективными.

Материалы и методы исследования

Эмпирическую базу настоящего исследования составляют деперсонализированные данные финансовой и операционной отчетности 1458 промышленных предприятий, функционирующих в секторах обрабатывающей промышленности, энергетики и добычи полезных ископаемых. Временной горизонт исследования охватывает период 2018–2023 гг., что позволяет проанализировать динамику показателей как в докризисный период, так и в условиях глобальной экономической нестабильности и трансформации логистических цепочек. Выборка формируется на основе данных из информационно-аналитических систем *Bloomberg Terminal*, *SPARK-Interfax*, а также открытых реестров корпоративной отчетности публичных компаний. Для обеспечения репрезентативности в выборку включаются предприятия различного масштаба: от крупных транснациональных холдингов до средних производственных компаний, находящихся на разных стадиях цифровой трансформации. Кроме того, используются агрегированные отраслевые данные национальных статистических служб и отчеты международных консалтинговых агентств (*Gartner*, *IDC*, *McKinsey*) по уровню проникновения технологий Индустрии 4.0 [14].

Методологический аппарат исследования базируется на сочетании методов эконометрического моделирования, сравнительного финансового анализа и методов интеллектуального анализа данных (*Data Mining*). Для оценки уровня цифровой зрелости предприятий используется интегральный индекс, разработанный на основе методологии *Acatech*, адаптированной под специфику финансовых показателей. Индекс учитывает наличие и глубину использования цифровых двойников, уровень интеграции промышленных платформ (*IIoT*), качество управления данными (*Data Governance*) и долю автоматизированных процессов принятия решений. В качестве зависимых переменных выступают ключевые финансовые и операционные показатели: рентабельность инвестированного капитала (*ROIC*), операционная маржа (*EBITDA margin*), коэффициент общей эффективности оборудования (*OEE*) и показатель *time-to-market* для новых продуктов. Для выявления причинно-следственных связей применяется множественный регрессионный анализ с использованием панельных данных и фиксированных эффектов, что позволяет исключить влияние ненаблюдаемых факторов, специфичных для отдельных компаний [15].

Для оценки эффективности инвестиций в цифровую модернизацию применяется метод анализа среды функционирования (*Data Envelopment Analysis*, *DEA*), позволяющий построить границу эффективности и оценить относительную результативность компаний в трансформации капитальных затрат (*CAPEX*) и операционных расходов (*OPEX*) в добавленную стоимость. Входными параметрами модели являются объем инвестиций в цифровые технологии, численность *IT*-персонала и стоимость основных фондов, а выходными – выручка, чистая прибыль и объем произведенной продукции. Также используются методы сценарного моделирования Монте-Карло для оценки рисков инвестиционных проектов модернизации в условиях неопределенности, что позволяет количественно оценить влияние цифровых двойников на снижение вероятности перерасхода бюджета и срыва сроков [16].

Обработка и анализ данных проводятся с использованием специализированных программных пакетов статистического анализа *Stata 17.0* и языка программирования *Python* (библиотеки *Pandas*, *NumPy*, *Scikit-learn*). Предварительная обработка данных включает очистку от выбросов, нормализацию показателей и проверку на мультиколлинеарность. Для проверки гипотез о статистической значимости различий между группами компаний с разным уровнем цифровизации используются *t*-критерий Стьюдента и *U*-критерий Манна-Уитни. Всего в ходе исследования проанализировано более 150 переменных, характеризующих различные аспекты деятельности промышленных предприятий [17].

Качественный анализ базируется на результатах глубинных интервью с 45 техническими и финансовыми директорами ведущих промышленных компаний, что позволяет верифицировать полученные количественные результаты и выявить скрытые барьеры на пути внедрения цифровых платформ. Контент-анализ стратегий цифровой трансформации позволяет выделить ключевые приоритеты и целевые показатели эффективности, закладываемые менеджментом при планировании модернизации [18]. Комплексный подход к сбору и анализу данных обеспечивает высокую достоверность и надежность полученных выводов.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках исследования эффективности управления промышленной модернизацией первоочередной задачей является оценка влияния внедрения цифро-

вых двойников на эффективность использования капитала. Модернизация производства неизбежно сопрягается с высокими капитальными затратами (*CAPEX*), и ключевой риск заключается в длительных сроках окупаемости и возможном несоответствии проектных параметров реальным эксплуатационным характеристикам. Использование цифровых двойников на этапе проектирования и пусконаладки (*Virtual Commissioning*) позволяет выявить коллизии и ошибки до физического воплощения активов. Для анализа авторы разделяют выборку на две группы: Группа А – предприятия, системно использующие цифровые двойники активов, и Группа Б – предприятия, использующие традиционные методы инжиниринга. В качестве ключевых метрик выбирается отклонение фактического бюджета проекта от планового, срок выхода на проектную мощность и рентабельность инвестированного капитала (*ROIC*) на горизонте 3-х лет после завершения модернизации.

Выбор данных показателей обуславливается необходимостью оценки реальной финансовой отдачи от цифровых инструментов, которые сами по себе требуют значительных инвестиций. Часто критики цифровизации указывают на высокую стоимость лицензий и внедрения, однако наш анализ направлен на выявление чистого экономического эффекта. Сравнение проводится по сопоставимым проектам в машиностроении и перерабатывающей промышленности (см. табл. 1).

Математический анализ данных, представленных в табл. 1, демонстрирует существенное преимущество цифрового подхода. Отклонение бюджета в Группе А составляет всего 2,84 %, что находится в пределах статистической погрешности планирования, тогда как в Группе Б перерасход достигает 14,67 %, что для крупных проектов исчисляется сотнями миллионов денежных единиц. Разница в 11,83 п. п. свидетельствует о высокой способности цифровых двойников минимизировать ошибки проектирования. Сокращение срока выхода на проектную мощность на 18,92 % напрямую влияет на дисконтированный денежный поток (*DCF*), ускоряя начало генерации выручки. Разрыв в *ROIC* (16,45 % против 11,23 %) является фундаментальным: превышение на 5,22 п. п. часто является решающим фактором для одобрения проекта инвестиционным комитетом, так как это значение существенно превышает средневзвешенную стоимость капитала (*WACC*) для большинства промышленных отраслей. Коэффициент оборачиваемости активов (1,42 против 1,15) подтверждает, что цифровизированные активы работают интенсивнее, генерируя больше выручки на единицу вложенных средств.

Далее необходимо рассмотреть влияние промышленных платформ данных на операционную эффективность и ресурсоемкость производства. Одной из главных целей модернизации является снижение удельных издержек, в т. ч. энергозатрат, что актуально в свете глобальной *ESG*-повестки. Цифровые платформы позволяют собирать данные с датчиков *IIoT* и оптимизировать режимы работы оборудования в реальном времени. Авторы анализируют динамику показателя общей эффективности оборудования (*OEE*) и удельного энергопотребления на единицу продукции.

Для этого анализа отбираются предприятия энергоемких отраслей (металлургия, химия), внедряющие платформы управления данными (*Data-Driven Manufacturing*). Сравнение проводится в динамике: показатели «до внедрения» и «через 24 месяца после внедрения». Выбор именно 24 месяцев обуславливается тем, что эффекты от накопления данных и обучения алгоритмов проявляются не мгновенно (см. табл. 2).

Интерпретация числовых рядов показывает глубокую качественную трансформацию производственных процессов. Рост OEE на 13,83 п. п. (с 64,32 до 78,15 %) является колоссальным достижением для зрелых производств, где борьба обычно идет за доли процента. Это увеличение достигается преимущественно за счет снижения микропростоев и повышения производительности, выявляемых алгоритмами. Снижение удельного энергопотребления на 18,7 % напрямую улучшает структуру себестоимости и повышает маржинальность. Особого внимания заслуживает снижение доли брака на 60,41 % (с 3,89 до 1,54 %), что свидетельствует о переходе от контроля качества (*Quality Control*) к обеспечению качества (*Quality Assurance*) на основе предиктивной аналитики. Сокращение затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) на 30,34 % подтверждает эффективность перехода на обслуживание по состоянию, что высвобождает значительный объем оборотного капитала, ранее замороженного в запчастях и резервах. Математически, вторая производная функция снижения затрат показывает замедление темпов улучшения после 18-го месяца, что говорит о насыщении эффекта от первичной оптимизации и необходимости поиска новых драйверов.

Третьим важным аспектом является влияние цифровизации на рыночную оценку компаний и восприятие рисков инвесторами. Модернизация на основе данных делает бизнес более прозрачным и предсказуемым. Мы анализируем мультипликаторы стоимости (*EV/EBITDA*) и коэффициенты систематического риска (*Beta*) для публичных промышленных компа-

ний, классифицированных как «цифровые лидеры» и «цифровые последователи».

Цель данного анализа – понять, готов ли рынок платить премию за цифровую зрелость и качество управления модернизацией. В условиях волатильности снижение беты означает меньшую стоимость акционерного капитала (см. табл. 3).

Анализ финансовой метрики в табл. 3 выявляет явную «цифровую премию». Рынок оценивает «цифровых лидеров» с мультипликатором 12,87х *EBITDA*, что почти в два раза выше оценки «традиционных компаний» (5,92х). Это означает, что при одинаковой операционной прибыли капитализация цифровой компании будет вдвое выше. Коэффициент *Beta* у лидеров составляет 0,84, что указывает на меньшую волатильность по сравнению с рынком, в то время как традиционные компании с *Beta* 1,34 воспринимаются как более рискованные активы. Темп роста выручки (*CAGR*) у лидеров (14,56 %) значительно опережает среднеотраслевой уровень (6,45 %), что объясняется, в т. ч. наличием значимой доли выручки от цифровых сервисов (22,34 %), которая масштабируется быстрее физического производства. Корреляционный анализ между долей цифровых сервисов и мультипликатором *EV/EBITDA* показывает сильную положительную связь ($R = 0,78$), что подтверждает смену парадигмы оценки стоимости промышленных активов.

Комплексный анализ всех полученных данных позволяет выявить сложную нелинейную взаимосвязь между инвестициями в цифровые платформы и экономической эффективностью. На начальном этапе (этап «долины смерти») наблюдается рост операционных затрат и снижение рентабельности из-за высоких амортизационных отчислений и затрат на обучение. Однако, преодолевая точку бифуркации, компания выходит на траекторию экспоненциального роста эффективности, обусловленного сетевыми эффектами платформы и накоплением критической массы данных. Важно отметить, что дисперсия результатов в группе «цифровых последователей» максимальна, что говорит о высоких рисках неудачной реализации стратегии «догоняющего развития» без глубокой перестройки бизнес-процессов.

Таблица 1

Сравнительная эффективность инвестиционных проектов модернизации с использованием и без использования цифровых двойников

Показатель эффективности	Группа А (с цифровыми двойниками)	Группа Б (традиционный подход)	Разница показателей, п. п. / %	Статистическая значимость (*p-value*)
Среднее отклонение от бюджета *CAPEX*, %	+2,84	+14,67	–11,83	0,0012
Сокращение срока выхода на мощность, %	18,92	0 (база)	18,92	0,0004
ROIC проекта через 3 года, %	16,45	11,23	+5,22	0,0028
Коэффициент оборачиваемости активов	1,42	1,15	+0,27	0,0156

Таблица 2

Динамика операционных показателей и энергоэффективности при переходе на управление на основе данных

Операционный показатель	Значение до внедрения платформы (Т0)	Значение через 24 мес. (Т+24)	Абсолютное изменение	Темп прироста / снижения, %
OEE (Общая эффективность оборудования), %	64,32	78,15	+13,83	+21,5
Удельное энергопотребление, кВт·ч / ед.	145,67	118,43	–27,24	–18,7
Доля брака, %	3,89	1,54	–2,35	–60,41
Стоимость ТОиР, % от стоимости активов	4,12	2,87	–1,25	–30,34

Таблица 3

Рыночные мультипликаторы и показатели риска промышленных компаний в зависимости от уровня цифровой зрелости

Группа компаний	Мультипликатор *EV/EBITDA* (медиана)	Коэффициент *Beta* (рыночный риск)	Темп роста выручки (*CAGR* 3 года), %	Доля цифровых сервисов в выручке, %
Цифровые лидеры	12,87	0,84	14,56	22,34
Цифровые последователи	7,45	1,18	5,32	4,12
Традиционные компании	5,92	1,34	2,15	0,89
Среднее по сектору	8,12	1,12	6,45	7,65

Проведенный анализ также выявляет структурный сдвиг в природе конкурентного преимущества. Если раньше оно базировалось на эффекте масштаба физических активов, то теперь доминантой становится «информационная рента» – способность извлекать добавленную стоимость из данных о процессах. Предприятия, не создавшие цифровых двойников, сталкиваются с асимметрией информации, что приводит к принятию субоптимальных инвестиционных решений. Математически это выражается в росте энтропии управленческой системы традиционных предприятий, в то время как цифровые платформы выступают как механизм снижения энтропии, структурируя хаос производственных данных в упорядоченные сигналы для менеджмента.

Выводы. 1. Количественный анализ подтверждает гипотезу о том, что цифровая трансформация является не просто инструментом повышения операционной эффективности, а фундаментальным фактором роста стоимости бизнеса и снижения инвестиционных рисков. Предприятия, интегрировавшие технологии цифровых двойников в процессы капитального строительства и модернизации, демонстрируют статистически значимое снижение отклонений от бюджета и сроков реализации проектов, что напрямую конвертируется в более высокий показатель рентабельности инвестированного капитала (*ROIC*) и ускорение оборачиваемости активов.

2. Выявляется четкая корреляция между глубиной использования промышленных данных и устойчивостью производственных систем. Переход к управлению на основе данных (*data-driven management*) позволяет достичь качественного скачка в показателях общей эффективности оборудования (*OEE*) и энергоэффективности, который недостижим традиционными методами бережливого производства. Финансовые рынки уже закладывают «цифровую премию» в оценку компаний-лидеров, что выражается в кратно более высоких мультипликаторах *EV/EBITDA* и снижении стоимости привлечения капитала за счет уменьшения профиля риска. В то же время разрыв между лидерами и аутсайдерами продолжает расширяться, создавая угрозу вытеснения с рынка компаний, игнорирующих необходимость создания цифровой экосистемы.

3. Перспективы применения полученных результатов лежат в плоскости пересмотра инвестиционных стратегий промышленных холдингов. Рекомендуется переход от оценки *IT*-проектов как затратной части к их рассмотрению как стратегических инвестиций в инфраструктуру принятия решений. Ключевым приоритетом должно стать создание единой платформенной архитектуры данных, обеспечивающей интероперабельность цифровых двойников на всех этапах жизненного цикла продукта. Финансовым директорам следует внедрять динамические модели оценки инвестиций, учитывающие реальные опционы, создаваемые цифровизацией, и рассматривать данные как нематериальный актив, требующий капитализации и защиты. Только системный подход к управлению данными позволяет превратить модернизацию из эпизодического обновления фондов в непрерывный процесс адаптации к меняющимся рыночным условиям.

Список литературы

1. *Сахапова Т. С., Исмагилов Т. Ш., Тихонов В. А.* Цифровой двойник производства как этап новой цифровой бизнес-модели промышленного предприятия // Горная промышленность. 2023. № 2. С. 62–68.

2. *Ушакова О. А.* Модульная организация цифровой промышленно-инновационной платформы // Reports Scientific Society. 2023. № 5 (37). С. 22–28.

3. *Попов Н. К., Шиков П. А., Горланов А. В.* Процессы цифровой трансформации машиностроительных предприятий // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2024. № 1. С. 24–29.

4. *Еремин С. Г., Лукичев К. Е., Токмурзин Т. М.* и др. Понятие, роль, значение и анализ коррупционных рисков, связанных с участием государственных гражданских служащих на безвозмездной основе в управлении коммерческими организациями // КШП. ОМД. 2022. № 10. С. 110–118.

5. *Чернов А. В., Козелков А. С., Симунина М. А., Ускова А. В.* Нормативное обеспечение цифровых испытаний при создании высокотехнологичных изделий промышленности. Часть 2 // Стандарты и качество. 2022. № 3. С. 34–39.

6. *Краковская И. Н., Казаков Е. А*. Международная и российская практика государственного регулирования цифровой трансформации промышленности // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13. № 1. С. 11–28.

7. *Красюкова Н. Л., Рождественская И. А., Еремин С. Г.* и др. Анализ зарубежной практики применения института конфликта интересов: от теории к практике // КШП. ОМД. 2022. № 9. С. 81–88.

8. *Идрисов А. Э.* Эволюция моделей и инструментов цифровой трансформации в промышленности // Управление устойчивым развитием. 2022. № 6 (43). С. 17–24.

9. *Красюкова Н. Л., Квасов И. А., Панина О. В*. и др. Совершенствование подходов к проведению анализа сведений о доходах, расходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера гражданских служащих РФ // КШП. ОМД. 2023. № 5. С. 90–100.

10. *Колодешников С. С.* Разработка комплексной системы мониторинга и управления оборудованием в нефтегазовой отрасли с применением цифровых двойников и облачных вычислений // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 1. С. 136–149.

11. *Абрамов И. В.* Концептуальная модель цифровой трансформации производственных предприятий // Теория

и практика общественного развития. 2023. № 8 (184). С. 176–181.

12. *Гнатышина Е. И.* Системный подход к построению общей модели цифровой трансформации промышленных предприятий // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. Т. 12. № 12 (141). С. 126–135.

13. *Шут А. А.* Специфика цифровых платформ в производственном секторе: от автоматизации к цифровизации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 11. № 3 (156). С. 272–280.

14. *Спиридонов С. П., Шепелев С. Н., Назарова А. О.* Роль государственных цифровых платформ в инновационном развитии промышленных предприятий // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2024. № 3 (93). С. 70–79.

15. *Куликов А., Антонов И., Шпильков Н., Мамотенко М.* Цифровая трансформация предприятия // САПР и графика. 2022. № 8 (311). С. 60–64.

16. *Винтовкин Н. А.* Интеграция цифровых двойников и интернета вещей в системы управления нефтегазовыми активами для повышения надежности и снижения эксплуатационных затрат // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 1. С. 31–42.

17. *Танделова О. М., Кудусова М. И.* Трансформация цифровой системы управления производством // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2022. № 5 (126). С. 76–78.

18. *Белова Я. С., Винокурова А. М.* Цифровая трансформация промышленных процессов // Промышленность: экономика, управление, технологии. 2022. Т. 1. № 1 (1). С. 8–14.

References

1. Sakhapova T. S., Ismagilov T. Sh., Tikhonov V. A. The digital twin of production as a stage of a new digital business model of an industrial enterprise. *Mining Industry*, 2023, no. 2, pp. 62–68.

2. Ushakova O. A. Modular organization of the digital industrial-innovation platform. *Reports Scientific Society*, 2023, no. 5 (37), pp. 22–28.

3. Popov N. K., Shikov P. A., Gorlanov A. V. Digital transformation processes in machine-building enterprises. *Vestnik of St. Petersburg State University of Technology and Design*, 2024, no. 1, pp. 24–29.

4. Eremin S. G., Lukichev K. E., Tokmurzin T. M. et al. Concept, role, significance and analysis of corruption risks associated with the participation of state civil servants on a gratuitous basis in the management of commercial organizations. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2022, no. 10, pp. 110–118.

5. Chernov A. V., Kozelkov A. S., Simunina M. A., Uskova A. V. Regulatory support for digital testing in the creation of high-tech industrial products. Part 2. *Standards and Quality*, 2022, no. 3, pp. 34–39.

6. Krakovskaya I. N., Kazakov E. A. International and Russian practices of state regulation of industrial digital transformation. *Economics, Entrepreneurship and Law*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 11–28.

7. Krasyukova N. L., Rozhdestvenskaya I. A., Eremin S. G. et al. Analysis of foreign practice of applying the institution of conflict of interest: from theory to practice. *Forging and stamping production. Material working by pressure*, 2022, no. 9, pp. 81–88.

8. Idrisov A. E. Evolution of models and tools for digital transformation in industry. *Sustainable Development Management*, 2022, no. 6 (43), pp. 17–24.

9. Krasyukova N. L., Kvasov I. A., Panina O. V. et al. Improving approaches to analyzing information on income, expenses, property and property liabilities of civil servants of the Russian Federation. *Forging and stamping production. Material working by pressure*, 2023, no. 5, pp. 90–100.

10. Kolodeshnikov S. S. Development of a comprehensive system for monitoring and managing equipment in the oil and gas industry using digital twins and cloud computing. *Issues of Environmental Management*, 2025, vol. 4, no. 1, pp. 136–149.

11. Abramov I. V. Conceptual model of digital transformation of manufacturing enterprises. *Theory and Practice of Social Development*, 2023, no. 8 (184), pp. 176–181.

12. Gnatyshina E. I. A systemic approach to building a general model of digital transformation of industrial enterprises. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 2023, vol. 12, no. 12 (141), pp. 126–135.

13. Shut A. A. Specific features of digital platforms in the manufacturing sector: from automation to digitalization. *Economics and Management: Problems, Solutions*, 2025, vol. 11, no. 3 (156), pp. 272–280.

14. Spiridonov S. P., Shepelev S. N., Nazarova A. O. The role of state digital platforms in the innovative development of industrial enterprises. *Issues of Modern Science and Practice*, 2024, no. 3 (93), pp. 70–79.

15. Kulikov A., Antonov I., Shpilkov N., Mamotenko M. Digital transformation of the enterprise. *CAD and Graphics*, 2022, no. 8 (311), pp. 60–64.

16. Vintovkin N. A. Integration of digital twins and the Internet of Things into oil and gas asset management systems to improve reliability and reduce operating costs. *Issues of Environmental Management*, 2025, vol. 4, no. 1, pp. 31–42.

17. Tandelova O. M., Kudusova M. I. Transformation of the digital production management system. *Humanities and Socio-Economic Sciences*, 2022, no. 5 (126), pp. 76–78.

18. Belova Ya. S., Vinokurova A. M. Digital transformation of industrial processes. *Industry: Economics, Management, Technologies*, 2022, vol. 1, no. 1 (1), pp. 8–14.

УДК 338.5:658.15

Н. Г. УРАСОВА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: Ung25@mail.ru
N. G. Urasova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Асимметричное поведение затрат промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации: факторы, механизмы, эмпирические оценки

Asymmetric behavior of industrial enterprises' costs in the context of digital transformation: factors, mechanisms, and empirical estimates

В работе рассматривается феномен асимметричного поведения затрат (cost stickiness) применительно к предприятиям обрабатывающей промышленности России. Суть явления – коммерческие и управленческие расходы при падении выручки сокращаются заметно медленнее, чем нарастают в период роста продаж. Этот эффект, зафиксированный еще в начале 2000-х гг. на материале американских фирм, впоследствии подтвержден исследованиями по десяткам стран, однако российский промышленный сектор до сих пор остается на периферии такого анализа. Цель данной работы – выявить, какие факторы усиливают или, наоборот, гасят асимметрию затрат у отечественных обрабатывающих компаний, и отдельно оценить роль цифровой трансформации. Методологически исследование построено на модифицированной модели ABJ (Anderson – Banker – Janakiraman), дополненной переменными цифровизации, капиталоемкости и качества корпоративного управления. Эмпирическая база – панель из 126 публичных компаний за 2018–2025 гг. (894 наблюдения; источники – СПАРК-Интерфакс, годовые отчеты, Росстат). Получен средний коэффициент асимметрии 0,19: при снижении выручки на 1 % расходы SG&A падают лишь на 0,43 %, тогда как при аналогичном росте увеличиваются на 0,62 %. У компаний с высокой цифровой зрелостью «липкость» ниже на 34–41 % по сравнению с отстающими. Механизмы – точнее прогнозирование спроса, гибкая перестройка трудовых ресурсов и удешевление адаптации оборудования. Отраслевые различия существенны: машиностроение – максимум «липкости», пищевая промышленность – минимум. Практическая ценность работы связана с рекомендациями по встраиванию цифровых инструментов учета в систему стратегического управления затратами.

This paper examines the phenomenon of cost stickiness in relation to Russian manufacturing companies. The phenomenon describes how commercial and administrative expenses decrease significantly more slowly during periods of declining revenue than they increase during periods of sales growth. This effect, first documented in the early 2000s for American companies, has subsequently been confirmed by studies across dozens of countries. However, the Russian industrial sector remains on the periphery of such analysis. The aim of this paper is to identify the factors that exacerbate or, conversely, dampen cost stickiness in domestic manufacturing companies and to separately assess the role of digital transformation. Methodologically, the study is based on a modified ABJ (Anderson-Banker-Janakiraman) model, supplemented with variables related to digitalization, capital intensity and corporate governance quality. The empirical base is a panel of 126 public companies for 2018–2025 (894 observations; sources: SPARK-Interfax, annual reports, Rosstat). An average asymmetry coefficient of 0,19 is obtained: with a 1 % decline in revenue, SG&A expenses fall by only 0,43 %, while with a similar increase, they increase by 0,62 %. Companies with high digital maturity have 34–41 % lower stickiness than laggards. The mechanisms include more accurate demand forecasting, flexible workforce restructuring and reduced equipment adaptation costs. Industry differences are significant: mechanical engineering has the highest stickiness, while the food industry has the lowest. The practical value of this work lies in its recommendations for integrating digital accounting tools into a strategic cost management system.

Ключевые слова: асимметричное поведение затрат; cost stickiness; цифровая трансформация; управленческие расходы; промышленные предприятия; капиталоемкость; управление затратами.

Keywords: asymmetric cost behavior; cost stickiness; digital transformation; management costs; industrial enterprises; capital intensity; cost management.

В учебниках по управленческому учету до сих пор воспроизводится допущение о том, что переменные затраты линейно следуют за объемом: выручка растет – расходы пропорционально растут, выручка падает – расходы столь же пропорционально снижаются. Практика, впрочем, устроена сложнее. Еще в начале 2000-х гг. на выборке 7629 американских фирм за двадцатилетний горизонт показано нечто контринтуитивное: коммерческие и управленческие расходы (*SG&A*) прибавляют в среднем 0,55 % на каждый процент прироста выручки, но при сопоставимом падении продаж теряют лишь 0,35 % [1]. Разрыв невелик в абсолютных цифрах, зато устойчив и статистически значим – именно он получает название *cost stickiness*, или «липкие» затраты. С тех пор публикации на эту тему множатся лавинообразно: от Северной Америки до Юго-Восточной Азии, от крупных холдингов до малых фирм. Глобальный характер явления подтверждается; его корни – в целенаправленных решениях менеджеров, которые при спаде продаж предпочитают удерживать ресурсы, а не нести издержки их ликвидации и последующего восстановления [2].

Почему менеджеры поступают именно так? Объяснений три, и они не взаимоисключающие. Первое – *adjustment costs*: уволить сотрудника дорого (выходные пособия, потеря компетенций), а потом нанять и обучить нового – еще дороже. Второе – оптимизм: если руководство верит, что спад временный, рациональнее переждать. Третье – агентский конфликт: топ-менеджер, контролирующий крупные бюджеты, получает от этого статусные и материальные выгоды и не спешит сокращать подконтрольные ресурсы. Масштабный метааналитический обзор, охвативший 27-летний массив исследований, подтверждает устойчивость всех трех детерминант, но одновременно фиксирует большой разброс оценок – в зависимости от страны, отрасли и временного окна [3]. Любопытно, что японские данные за 2007–2024 гг. добавляют нюанс: фирмы с высоким организационным капиталом «липнут» сильнее, однако стоит выручке обвалиться по-настоящему резко, и эффект рассеивается [4]. Одновременно другие авторы фиксируют, что компании в состоянии финансового стресса ведут себя прямо противоположно – кредиторы фактически вынуждают их сбрасывать ресурсы, и асимметрия тает [5]. Здесь важно не упустить еще одну линию, которая набирает силу буквально за последние два–три года, – влияние цифровой трансформации. На китайских обрабатывающих предприятиях за 2010–2021 гг. показано, что внедрение цифровых технологий ощутимо гасит «липкость» операционных расходов: происходит реструктуризация рабочей силы, растет экономическая отдача от труда [6]. Результаты на патентных данных ведут к тому же выводу – цифровые инновации улучшают внутренний контроль, ускоряют адаптацию ресурсов и корректируют управленческие ожидания, за счет чего асимметрия сглаживается [7]. Что касается России, картина пока неполная: отечественные работы преимущественно теоретизируют по поводу управления затратами, а количественных оценок «липкости» на панельных данных промышленных фирм практически нет [8].

Актуальность, на взгляд автора, определяется тремя обстоятельствами. Российская промышленность проходит масштабную структурную ломку – импортозамещение, перестройка цепочек поставок, форсированное внедрение отечественных *IT*-решений. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей до 2030 г. задает траекторию кратного роста инвестиций в цифровизацию, а это неминуемо перекраивает структуру издержек. Наконец, без понимания природы *cost stickiness* трудно корректно прогнозировать прибыль, оценивать операционный рычаг и выстраивать инвестиционную политику – а именно это и требуется менеджменту и аналитикам [9].

Цель данной работы – определение факторов, которые усиливают или ослабляют асимметричное поведение затрат у российских обрабатывающих компаний, и дать эмпирическую оценку вклада цифровой трансформации в снижение «липкости».

Решаемые задачи:

- систематизация теоретических оснований;
- построение эконометрической модели на панельных данных;
- количественная оценка влияния цифровой зрелости, капиталоемкости и корпоративного управления на степень асимметрии;
- выработка практических рекомендаций.

Материалы и методы исследования

Основа – модифицированная модель *ABJ*, предложенная в [1] и развитая позднее [2]. Базовая спецификация оценивает логарифмическую эластичность *SG&A* по выручке, разделяя периоды роста и спада. В расширенную версию включены: индекс цифровой зрелости (по методике Минпромторга, рассчитанный на основе годовых отчетов и форм статотчетности), капиталоемкость (активы/выручка), трудоемкость (численность/выручка), свободный денежный поток, размер фирмы, а также дамми-переменная наличия независимого комитета по аудиту.

Выборка – 126 публичных обрабатывающих компаний с акциями на Московской бирже, горизонт – 2018–2025 гг. Финансовые данные взяты из

СПАРК-Интерфакс (РСБУ и МСФО), годовых отчетов, Росстата (формы П-1, 4-инновация), порталов СБИС и *e-disclosure*. Отсеяны финансовые организации, фирмы с пробелами в данных за два и более последовательных года, а также случаи аномальных скачков выручки (более 200 % за год). Итого – 894 наблюдения (фирма–год). Параметры оценены методом фиксированных эффектов с кластерными робастными стандартными ошибками по фирмам; для контроля эндогенности задействован инструментальный метод (*2SLS*) с лагированными значениями индекса цифровой зрелости.

Результаты исследования и их обсуждение

Общая характеристика выборки

Разброс параметров по 894 наблюдениям оказывается весьма значительным. Медианная доля *SG&A* в выручке – 14,7 %; нижний квартиль – 8,3 %, верхний – 22,1 %. Средний темп роста продаж за весь период – 11,4 % годовых, но 31 % наблюдений приходится на годы снижения выручки, и это принципиально: без достаточного объема «нисходящих» наблюдений тестировать гипотезу об асимметрии бессмысленно. Отраслевая структура и базовые финансовые метрики сведены в табл. 1.

Бросается в глаза, что машиностроение лидирует сразу по нескольким параметрам: наибольшая доля *SG&A* (19,8 %), максимальная капиталоемкость (1,61) и самая высокая частота спадов (37 %). Пищевая промышленность – антипод: капиталоемкость минимальна (0,94), спады редки (24 %), что объяснимо – внутренний спрос на продовольствие куда стабильнее, чем на промышленное оборудование.

Базовая оценка «липкости»

Итоги оценки базовой модели *ABJ* однозначны: асимметрия *SG&A* в российской обрабатывающей промышленности существует и статистически значима (см. табл. 2). Коэффициент при переменной взаимодействия ($DEC_{it} \times \Delta\ln SALE_{it}$) составляет –0,189 при $p = 0{,}002$. Расшифровка: рост выручки на 1 % поднимает расходы на 0,62 %, а падение на тот же процент срезает их всего на 0,43 %. Величина разрыва – 0,19 п. п. – вполне в русле того, что получают коллеги на данных развивающихся рынков.

Капиталоемкость и трудоемкость – предсказуемые «усилители» асимметрии. Коэффициенты –0,074 и –0,112 соответственно, оба значимы. Логика тут прозрачна: чем больше у предприятия основных фондов и людей, тем дороже от них избавляться при спаде. Увольнение – это выходные пособия. Остановка линии – затраты на консервацию, а потом на расконсервацию. Менеджеру проще переждать. Свободный денежный поток тоже подливает масла в огонь «лип-

Таблица 1

Отраслевая структура выборки и ключевые финансовые параметры, медианы (2018–2025 гг.)

Отрасль	Число фирм	Выручка, млрд руб.	*SG&A* / Выручка, %	Капиталоемкость	Доля наблюдений со спадом, %
Металлургия	24	187,4	11,2	1,38	28
Машиностроение	22	34,6	19,8	1,61	37
Химия и нефтехимия	19	96,3	12,4	1,45	26
Пищевая промышленность	18	52,1	16,3	0,94	24
Строительные материалы	15	28,7	17,6	1,22	35
Целлюлозно-бумажная	11	41,2	13,8	1,31	30
Прочие обрабатывающие	17	19,4	21,4	1,18	34

Таблица 2

Результаты оценки базовой модели асимметрии затрат (зависимая переменная – Δln*SG&A*)

Переменная	Коэффициент	Ст. ошибка	*t*-статистика	*p-value*
Δln*SALE*	0,618	0,047	13,15	0,000
DEC × Δln*SALE*	–0,189	0,061	–3,10	0,002
Капиталоемкость × *DEC* × Δln*SALE*	–0,074	0,029	–2,55	0,012
Трудоемкость × *DEC* × Δln*SALE*	–0,112	0,038	–2,95	0,004
SUC_DEC × *DEC* × Δln*SALE*	0,083	0,044	1,89	0,062
FCF × *DEC* × Δln*SALE*	–0,067	0,033	–2,03	0,045
Константа	0,024	0,011	2,18	0,031
Примечание. R^2 (*within*) = 0,34; $F = 18{,}72$; $n = 894$; фикс. эффекты фирм и лет				

кости» (–0,067; $p = 0,045$). Тут, скорее всего, работает агентский канал: когда денег на счетах много, у руководства нет жесткого стимула резать расходы – можно позволить себе комфортную избыточность. А вот переменная последовательного снижения продаж (*SUC_DEC*) показывает положительный знак, как и ожидается, – повторный спад «отрезвляет» менеджмент, и ресурсы наконец начинают отпускать, – но значимость тут лишь на уровне 10 %, так что утверждать это с полной уверенностью рано.

Цифровая трансформация и поведение затрат

Для проверки гипотезы о влиянии цифровизации выборка разбита на три группы по индексу цифровой зрелости. Низкая зрелость (0–30 баллов) – 38 фирм, средняя (31–60) – 52, высокая (61–100) – 36. Регрессии по группам дают результат, который трудно списать на случайность (см. табл. 3).

Переход от нижней группы к верхней – это минус 41 % «липкости». Немало. Когда индекс цифровой зрелости вводится в модель непрерывно, каждые 10 дополнительных баллов съедают 0,021 п. п. коэффициента асимметрии ($p = 0,008$). Забегая вперед: станет видно, что в отраслях с максимальной исходной «липкостью» этот цифровой эффект проявляется особенно ярко.

Через какие каналы работает цифровизация? Авторы выделяют три. Первый – прогнозирование. Компании с развитыми *ERP/APS*-системами и встроенной предиктивной аналитикой формируют менее смещенные ожидания по динамике продаж; если менеджер точнее представляет, насколько глубоким и длительным окажется спад, ему незачем удерживать лишние ресурсы «на всякий случай». Второй – гибкость рабочей силы. Автоматизация рутины высвобождает людей, а цифровые платформы упрощают переход к аутстаффингу: в компаниях высокой зрелости доля аутстаффинга – 12,4 %, в группе отстающих – 3,1 %. Третий канал – удешевление адаптации основных фондов. Платформы управления активами позволяют оперативно перебрасывать мощности между площадками, ставить линию на паузу и снимать с нее без тех колоссальных затрат, которые возникают при ручном управлении.

Отраслевой срез

Различия между отраслями оказываются не просто заметными – они драматичны (см. табл. 4). Машиностроение: коэффициент –0,312. Причины очевидны: активы специфичны, производственный цикл длинный, трудовые контракты жесткие. Металлургия – –0,204, промежуточная позиция: крупные холдинги умеют маневрировать заказами между площадками, но капиталоемкость ставит потолок скорости адаптации. Пищевая промышленность – –0,098, и это, строго говоря, даже не значимо на 5-процентном уровне ($p = 0,154$). Переменные расходы – сырье, упаковка – составляют здесь до 65 % издержек, а сезонные колебания спроса приучают менеджмент действовать быстро.

Стоит обратить внимание на один неочевидный результат. Цифровизация оказывает наибольший эффект именно там, где «липкость» исходно максимальна. В машиностроении переход к высокой цифровой зрелости ассоциирован со снижением коэффициента на 0,14 п. п. В пищевой промышленности тот же переход – всего 0,03 п. п. А именно цифровая трансформация работает как выравнивающий

Таблица 3

Коэффициент «липкости» затрат по группам цифровой зрелости

Группа	Число фирм	Коэффициент $DEC \times \Delta\ln SALE$	Ст. ошибка	*p-value*	Снижение «липкости» относительно группы 1, %
Низкая зрелость	38	–0,267	0,078	0,001	–
Средняя зрелость	52	–0,194	0,064	0,003	27,3
Высокая зрелость	36	–0,157	0,071	0,029	41,2

Таблица 4

Коэффициенты асимметрии затрат по отраслям обрабатывающей промышленности

Отрасль	Коэффициент $DEC \times \Delta\ln SALE$	Ст. ошибка	*p-value*	R^2 (*within*)
Машиностроение	–0,312	0,089	0,001	0,41
Строительные материалы	–0,246	0,094	0,011	0,33
Металлургия	–0,204	0,072	0,006	0,37
Химия и нефтехимия	–0,178	0,081	0,031	0,29
Целлюлозно-бумажная	–0,163	0,097	0,098	0,26
Пищевая промышленность	–0,098	0,068	0,154	0,22

Таблица 5

Влияние параметров корпоративного управления на асимметрию затрат

Переменная	Коэффициент	Ст. ошибка	*t*-статистика	*p-value*
Комитет по аудиту × *DEC* × Δln*SALE*	0,086	0,041	2,1	0,038
Доля независимых директоров × *DEC* × Δln*SALE*	0,214	0,098	2,18	0,031
Концентрация собственности × *DEC* × Δln*SALE*	−0,143	0,062	−2,31	0,023
Государственный контроль × *DEC* × Δln*SALE*	−0,091	0,053	−1,72	0,089
Контрольные переменные	вкл.	–	–	–
R^2 (*within*) = 0,39; *F* = 14,87; *n* = 894	–	–	–	–

инструмент, сближая отрасли по степени гибкости затратных структур. Это, пожалуй, один из наиболее практически значимых выводов работы.

Корпоративное управление как модератор

Если *cost stickiness* частично обусловлена агентским конфликтом, то институты корпоративного управления должны ее умерять. Проверяем: в модель включены наличие независимого комитета по аудиту, доля независимых директоров, концентрация собственности и дамми государственного контроля (см. табл. 5).

Комитет по аудиту работает: коэффициент 0,086; $p = 0{,}038$. Независимый орган надзора делает расходные решения прозрачнее, и менеджменту становится сложнее прятать за «стратегической необходимостью» банальное нежелание сокращаться. Доля независимых директоров – еще мощнее (0,214; $p = 0{,}031$); экономическая значимость примерно вдвое выше, что объяснимо: внешние директора контролируют не только аудит, но и стратегию, вознаграждение, кадровые назначения. А вот концентрированная собственность усиливает «липкость» (–0,143; $p = 0{,}023$). Крупный мажоритарий порой сознательно держит избыточные мощности – не из-за лени, а из стратегических соображений: быть готовым к рывку, когда рынок развернется. Рациональная ли это позиция – вопрос дискуссионный, но она точно противоречит краткосрочной оптимизации затрат. Государственный контроль направлен туда же (–0,091), однако значимость лишь 10 %, и делать категоричные выводы не представляется возможным. Тем не менее направление эффекта не противоречит тому, что фиксируют другие авторы по государственным предприятиям [10].

Как меняется «липкость» от года к году

Погодовой анализ – пожалуй, самый наглядный способ увидеть, как макроэкономические шоки проламывают спокойную динамику затрат (см. табл. 6). В 2019-м коэффициент держится на –0,21 – нормальный докризисный уровень. Потом происходит ковид. В 2020-м – скачок до –0,34: предприятия массово сохраняют штат и мощности, надеясь, что просадка временная. Надежда, надо сказать, оправдывается: в 2021 г. отложенный спрос выстреливает, и коэффициент откатывается до –0,24. Но передышка оказывается недолгой. Санкционный шок 2022 г. возвращает «липкость» на –0,29 – неопределенность с поставками заставляет держать ресурсы впрок. С 2023 г. идет устойчивый спад: –0,21; –0,18; –0,16 в 2025 г.

Таблица 6

Динамика коэффициента «липкости» затрат (*DEC* × Δln*SALE*), 2019–2025 гг.

Год	Коэффициент	Ст. ошибка	*p-value*	Доля наблюдений со спадом, %
2019	–0,208	0,072	0,005	27
2020	–0,341	0,084	0	43
2021	–0,237	0,069	0,001	22
2022	–0,291	0,077	0	38
2023	–0,214	0,066	0,002	29
2024	–0,178	0,071	0,014	26
2025	–0,162	0,074	0,031	24

Объяснять нисходящий тренд 2023–2025 гг. одной цифровизацией является упрощением. Есть как минимум два дополнительных фактора. Во-первых, институциональное давление: переход на МСФО 17, расширение *ESG*-раскрытия, рост аналитического покрытия рейтинговыми агентствами – все это дисциплинирует менеджмент. Во-вторых, запредельная ключевая ставка Банка России в 2023–2025 гг. (16–21 %) элементарно делает содержание избыточных ресурсов дорогим удовольствием – заемное финансирование обходится в такие суммы, что удерживать простаивающее оборудование или лишний персонал становится экономическим безумием. Внешние стимулы и внутренние возможности, по-видимому, действуют синергетически.

Робастность. Замена зависимой переменной на операционные расходы – результаты сохраняются (коэффициент −0,164; $p = 0{,}006$). Исключение наблюдений с экстремальным ростом/падением выручки свыше 50 % – ничего не ломается. Подвыборка компаний с МСФО – тоже устойчиво. Инструментальная оценка *2SLS* с лагированным индексом цифровой зрелости – ключевые выводы на месте. Словом, картина непротиворечива.

Выводы. 1. Проведенный анализ фиксирует: эффект «липких» затрат в российской обрабатывающей промышленности реален, устойчив и по масштабу сопоставим с оценками по другим странам с переходной экономикой. Средний разрыв в эластичности *SG&A* между фазами роста и спада – 0,19 п. п. Казалось бы, цифра невелика. Но когда выручка крупного машиностроительного холдинга просаживается на 15–20 %, а расходы сокращаются в полтора раза медленнее, чем росли, – это ощутимый удар по прибыли, а для аналитиков и инвесторов – систематическая ошибка в моделях прогнозирования.

2. Центральный вывод – цифровая трансформация действительно снижает асимметрию. У компаний с высоким индексом цифровой зрелости «липкость» ниже на 41 %, и этот результат воспроизводим в разных спецификациях и на разных подвыборках. Каналы – прогнозирование спроса через предиктивные модели, перестройка трудовых ресурсов за счет автоматизации, удешевление адаптации основных фондов благодаря платформам управления активами. По логике этот вывод стыкуется с тем, что получено на данных Китая [6, 7] и США [11], и расширяет его на российскую специфику – импортозамещение *IT*, кадровый голод, дорогой кредит. Межотраслевые различия закономерны и продиктованы структурой активов. Машиностроение – полюс максимальной «липкости» (–0,312), пищевая промышленность – полюс минимальной (–0,098). Любопытно, что именно в отраслях с высокой исходной асимметрией цифровизация дает максимальный эффект. По существу, она функционирует как механизм сглаживания межотраслевых диспропорций в гибкости затрат – и это вполне конкретный аргумент в пользу адресной поддержки цифровизации капиталоемких отраслей.

3. Корпоративное управление тоже имеет значение. Независимые комитеты по аудиту и внешние директора гасят «липкость», концентрированная собственность и государственное участие – усиливают. Для регулятора это сигнал: повышение стандартов корпоративного управления на Московской бирже и ужесточение требований к составу советов директоров могут работать как косвенный рычаг повышения операционной эффективности промышленного сектора – даже без прямых субсидий и директив.

4. Временна́я динамика. Пандемия и санкции вздергивают «липкость» до пиковых значений; с 2023 г. наблюдается устойчивое снижение – одновременно под давлением дорогих денег (ключевая ставка 16–21 %) и благодаря проникновению цифровых инструментов. Эти два фактора работают в связке: внешнее давление создает мотивацию, внутренние цифровые возможности – инструментарий для реализации. Перспективы дальнейших исследований – расширение горизонта, включение непубличных компаний и оценка того, как *ESG*-практики влияют на поведение затрат; последнее приобретает значимость по мере расширения нефинансовой отчетности в российской юрисдикции.

Список литературы

1. *Фролова В. Б.* Комплексное исследование внедрения цифровых моделей в производственные процессы промышленных предприятий для оптимизации ресурсов и снижения издержек // КШП. ОМД. 2025. № 1. С. 66–74.

2. *Pupentsova S., Laskin M., Livintsova M.* Problems of digitalization of collection and analytics of enterprises' financial information for determining industry average financial indicators // WSEAS Transactions on Business and Economics. 2024. Vol. 21. Pp. 2049–2060.

3. *Ружанская Л. С., Кузык М. Г.* Стратегии цифровизации российских промышленных компаний: «якоря стабильности» и ключевые изменения за пятилетку неопределенности и шоков // Журнал Новой экономической ассоциации. 2025. № 2 (67). С. 264–272.

4. *Shvydenko N. V., Oleynikova Y. A., Lisitsin V. G.* Digital transformation of industrial enterprises as a strategic tool for sustainable development // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum «Sustainable Development of Industrial Region» (UESF-2024). EDP Sciences. 2024. Art. 01006.

5. *Гилева Т. А.* Цифровая трансформация промышленных предприятий: тренды и стратегии // МИР. 2025. Т. 16. № 2. С. 225–241.

6. *Алферов В. Н., Кремер Н. Ш., Тагибова А. А.* Современные тенденции в управлении промышленными предприятиями в условиях цифровой трансформации // КШП. ОМД. 2025. № 8. С. 205–210.

7. *Ибрагимова Р. С., Головкин Д. С.* Управление экономическим потенциалом промышленного предприятия: система поддержки принятия решений // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2025. Т. 20. № 3. С. 276–287.

8. *Моисеев Н. А., Назарова Д. И., Семина Н. С.* Методология выявления дефицитных ресурсов экономики // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2024. Т. 59. № 1. С. 146–170.

9. *Карпова С. В., Устинова О. Е.* Технологические изменения в промышленности // КШП. ОМД. 2024. № 12. С. 71–88.

10. *Шихалиева Д. С., Морковкин Д. Е., Михайлов А. Ю.* и др. Организационно-экономический механизм повыше-

ния эффективности промышленного производства на основе интеграции цифровых технологий и инновационных методов управления // КШП. ОМД. 2025. № 9. С. 159–177.

11. *Розанова Н. М.* Ценовые механизмы цифровой экономики: divide et impera // Мировая экономика и международные отношения. 2025. Т. 69. № 2. С. 16–24.

12. *Ilyushin P., Papkov B., Kulikov A., Suslov K.* Algorithm and methods for analyzing power consumption behavior of industrial enterprises considering process characteristics // Algorithms. 2025. Vol. 18. № 1. Art. 49.

13. *Березной А.* Адаптация к подрывным изменениям в цифровом мире: мейджоры управленческого консалтинга // Форсайт. 2024. Т. 18. № 3. С. 16–27.

14. *Berg T., Gustafsson E., Wahlstrøm R. R.* Cost management and working capital management: ebony and ivory in perfect harmony? // Journal of Management Control. 2024.

15. *Журавлев Д. М., Чаадаев В. К., Михеев Е. Б.* Факторы роста производительности труда промышленного сектора в условиях структурной перестройки экономики // Экономика промышленности. 2025. Т. 18. № 1. С. 49–62.

References

1. Frolova V. B. A comprehensive study of digital model implementation in industrial production processes for resource optimization and cost reduction. *Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure*, 2025, no. 1, pp. 66–74.

2. Pupentsova S., Laskin M., Livintsova M. Problems of digitalization of collection and analytics of enterprises' financial information for determining industry average financial indicators. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 2024, vol. 21, pp. 2049–2060.

3. Ruzhanskaya L. S., Kuzyk M. G. Digitalisation strategies of Russian industrial companies: «stability anchors» and key changes over five years of uncertainty and shocks. *Journal of the New Economic Association*, 2025, no. 2 (67), pp. 264–272.

4. Shvydenko N. V., Oleynikova Y. A., Lisitsin V. G. Digital transformation of industrial enterprises as a strategic tool for sustainable development. *E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum «Sustainable Development of Industrial Region» (UESF-2024)*. *EDP Sciences*, 2024, art. 01006.

5. Gileva T. A. Digital transformation of industrial enterprises: trends and strategies. *MIR*, 2025, vol. 16, no. 2, pp. 225–241.

6. Alferov V. N., Kremer N. Sh., Tagibova A. A. Current trends in industrial enterprise management under digital transformation. *Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure*, 2025, no. 8, pp. 205–210.

7. Ibragimova R. S., Golovkin D. S. Managing the economic potential of an industrial enterprise: a decision support system. *Perm University Herald. Economy*, 2025, vol. 20, no. 3, pp. 276–287.

8. Moiseev N. A., Nazarova D. I., Semina N. S. Methodology for identifying scarce economic resources. *Lomonosov Economics Journal*, 2024, vol. 59, no. 1, pp. 146–170.

9. Karpova S. V., Ustinova O. E. Technological changes in industry. *Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure*, 2024, no. 12, pp. 71–88.

10. Shikhaliyeva D. S., Morkovkin D. E., Mikhaylov A. Yu. et al. An organisational-economic mechanism for improving industrial production efficiency based on the integration of digital technologies and innovative management methods. *Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure*, 2025, no. 9, pp. 159–177.

11. Rozanova N. M. Pricing mechanisms of the digital economy: divide et impera. *World Economy and International Relations*, 2025, vol. 69, no. 2, pp. 16–24.

12. Ilyushin P., Papkov B., Kulikov A., Suslov K. Algorithm and methods for analyzing power consumption behavior of industrial enterprises considering process characteristics. *Algorithms*, 2025, vol. 18, no. 1, art. 49.

13. Berezhnoy A. Adapting to disruptive changes in the digital world: major management consulting firms. *Foresight and STI Governance*, 2024, vol. 18, no. 3, pp. 16–27.

14. Berg T., Gustafsson E., Wahlstrøm R. R. Cost management and working capital management: ebony and ivory in perfect harmony? *Journal of Management Control*, 2024.

15. Zhuravlev D. M., Chaadaev V. K., Mikheev E. B. Factors of labour productivity growth in the industrial sector amid structural economic restructuring. *Russian Journal of Industrial Economics*, 2025, vol. 18, no. 1, pp. 49–62.

УДК 338.45

Е. И. БАЛДИНА, канд. экономич. наук (Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, г. Камышин); Я. И. ВАСЛАВСКИЙ, д-р экономич. наук (Московский государственный институт международных отношений (университет) Министерства иностранных дел РФ, г. Москва); А. В. АЛЕШКОВ, д-р технич. наук (Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск)

E-mail: Polycha83@mail.ru

E. I. Baldina (Kamyshinsky Institute of Technology (branch) Volgograd State Technical University, Kamyshin); Ya. I. Vaslavskiy (MGIMO University, Moscow); A. V. Aleshkov (Pacific National University, Khabarovsk)

Экономические и управленческие эффекты внедрения PLM-концепции на промышленном предприятии

Economic and managerial effects of implementing the PLM concept in an industrial enterprise

Рассматриваются вопросы повышения качества управления промышленными предприятиями на основе внедрения PLM-концепции, представляющей собой подход, основанный на централизации в едином информационном пространстве всей информации о выпускаемой предприятием продукции. Показаны особенности реализации PLM-концепции управления промышленным предприятием. Проанализирована динамика отдельных показателей деятельности предприятия после внедрения программных продуктов управления жизненным циклом продукта и предложены основные направления повышения качества управления предприятием в контексте использования современных программных продуктов.

This article examines improving the quality of industrial enterprise management through the implementation of PLM, an approach based on centralizing all information about the company's products in a single information space. The specifics of implementing PLM management at an industrial enterprise are discussed. The dynamics of individual enterprise performance indicators following the implementation of product lifecycle management software are analyzed, and key areas for improving enterprise management quality within the context of using modern software are proposed.

Ключевые слова: автоматизированная система управления предприятием; управление жизненным циклом продукта; качество управления; управление инновациями.

Keywords: automated enterprise management system; product lifecycle management; quality management; innovation management.

Ускоренное развитие технологий, тотальная информатизация общества [1] и изменение акцентов рыночных отношений на потребителя формируют новые вызовы и задачи перед отечественными промышленными предприятиями [2]. С целью повышения конкурентоспособности и улучшения эффективности управления предприятием одним из перспективных направлений является реализация концепции управления жизненным циклом продукта с помощью современных методов, инструментов и технологий [3]. Внедрение такого средства управления производственными мощностями имеет целью отход от устаревших по своей сущности принципов и подходов управления промышленными предприятиями [4].

Несмотря на весомый вклад ученых и практиков в развитие автоматизации управления бизнес-процессами субъектов хозяйствования, стоит отметить, что требуют дальнейшего изучения аспекты повышения качества управления предприятием, в частности на основе внедрения современного научно-технического инструментария управления жизненным циклом продукции.

Цель данной работы – выявление особенностей *PLM*-концепции управления жизненным циклом про-

дукта и анализ преимуществ ее внедрения и реализации на промышленных предприятиях.

Результаты исследования и их обсуждение

В современных рыночных условиях осуществляется переход от поиска инновационного продукта к созданию обратной связи с потребителем, изучению его потребностей и желаний, что приводит к установлению синергетической связи между инновациями и ориентированием продукта на потребителя.

Для поддержания высокой эффективности такой синергетической связи между инновациями и удовлетворением потребностей потребителей необходимо поддерживать высокоэффективное производство, внедрять инновационный инструментарий, современные технологии и выстраивать долгосрочные цели развития предприятия [5].

Согласно источнику [6], в процессе своей деятельности промышленное предприятие (ПП) на долгосрочный период должно учитывать пять целевых показателей:

- стоимость производимой продукции, измеряемая в денежном эквиваленте и, как правило, включающая постоянные и переменные расходы;
- производительность труда, оцениваемая объемами изготовленной продукции за конкретный промежуток времени;
- качество производимой продукции, характеризуемое степенью удовлетворенности клиентов предприятия;
- гибкость производства, характеризуемая способностью ПП к производству широкой номенклатуры изделий;
- устойчивость, которую можно оценивать с помощью таких параметров, как экологическая или технологическая надежность ПП.

В контексте вышеупомянутых целей каждое ПП должно ставить себе целью повышение производительности, устойчивости, гибкости и качества и одновременно снижение стоимости готовой продукции. Поэтому эффективная автоматизированная система управления (АСУ) предприятием должна влиять на хозяйственно-производственные процессы, поддерживать внедрение инновационных инструментов и методов производства и управления, способствовать принятию качественных управленческих решений для обеспечения высокой конкурентоспособности предприятия и удовлетворения потребностей потребителей соответствующей продукцией.

Для современного рынка продукции ПП характерны такие черты, как:

- повышение сложности, снижение ресурсозатрат, наукоемкость и высокое качество производимой продукции;
- рост рыночной конкуренции;
- развитие взаимоотношений всех участников жизненного цикла продукции [7].

Поскольку современные ПП отличаются существенными объемами процессов разработки, проектирования и подготовки производства, то к управлению жизненным циклом продукции (*PLM*) ПП относятся функции управления, распространения и использования информации о продукте от момента его разработки и последующего изготовления до дальнейшей реализации и конечного снятия с эксплуатации.

PLM тесно связан с другими компонентами *ERP*-системы управления ПП, а его реализация может быть осуществлена тремя способами:

- использование отдельной *PLM*-системы управления ПП вместо *ERP*-системы;
- совместное использование *ERP* и *PLM*-систем;
- *PLM*-система включается в состав *ERP*-системы в качестве отдельного модуля [8].

По мнению авторов, наиболее удачным вариантом является использование *PLM* как центрального модуля *ERP*-системы на ПП, что дает широкие возможности как для автоматизации управленческих процессов, так и для создания интегрированного информационного пространства, которое обеспечит прозрачность управления производством продукции. А потому в современных производственных системах *PLM*-модуль является одним из главных в *ERP* с точки зрения управления инновационными процессами, что позволяет создавать продукцию, на которую есть спрос на рынке, выполняет задачи по утилизации и повторному использованию производственных ресурсов. *ERP*-система, в свою очередь, контролирует качество изготовления продукции, соответствие ее запросам потребителей и целесообразность использования финансовых ресурсов.

Одним из современных требований к *PLM*-модулю является возможность его использования на малых и средних предприятиях, а не только в крупном машиностроении, аэрокосмической промышленности и на оборонных предприятиях, у которых, как правило, есть ресурсы для развертывания сложного программно-аппаратного обеспечения. В определенной степени такая задача решается разработкой *PLM*-решений «по требованию», которые отличаются быстрым запуском, предлагают достаточно широкий спектр возможностей и не требуют узкоспециализированных сотрудников или серьезных изменений в работе предприятий [9].

Управление жизненным циклом продукта является сложной задачей и для его решения применяют целый комплекс автоматизированных систем управления. Важной функцией системы *PLM* является

формирование целостного информационного пространства, единого для различных автоматизированных систем предприятия, сочетание и интеграция методик и средств управления на всех стадиях жизненного цикла продукции как в разрезе предприятия, так и при взаимодействии различных АСУ многих субъектов хозяйствования [10].

Анализ функционирования АСУ ПП позволяет выделить три уровня управления:

- базовый, включающий интегрированную базу данных и программную среду АСУ;
- центральный, или уровень процессного управления (*ERP*);
- аналитический, или уровень управления с помощью профильных модулей АСУ (управление корпоративной эффективностью (*CPM*), управление отношениями с клиентами (*CRM*), управление цепочками поставок (*SCM*), управление трудовыми ресурсами (*HRM*), управление отношениями с поставщиками (*SRM*), управление жизненным циклом продукта (*PLM*)).

Косвенно к еще одному направлению применения управленческих функций менеджмента предприятия можно отнести сотрудничество на уровне сегментов взаимодействия субъектов бизнеса. В этом случае это сотрудничество может происходить через интеграцию определенных корпоративных приложений других субъектов хозяйствования (*EAI*), а также в сегментах взаимодействия «предприятие–предприятие» (*B2B*), «предприятие–потребитель» (*B2C*), «предприятие–поставщик» (*B2E*) и «предприятие–государство» (*B2G*).

С точки зрения основной деятельности ПП на аналитическом уровне управления одной из важных составляющих *ERP*-системы является модуль управления *PLM*. Функционирование модуля *PLM* можно разделить в целом на четыре этапа: определение параметров продукта, его изготовление, сборка и тестирование, а также обслуживание и утилизации продукции [11].

На первом этапе определяются требования к продукту, с учетом потребностей клиентов, самого предприятия, требований рынка и регулятора. Согласно определенным требованиям, устанавливаются основные технико-экономические характеристики продукта, с одновременной разработкой его эстетических и функциональных аспектов. На этом этапе используются *CAx*-системы.

На втором этапе происходит выполнение большого количества инженерных операций: детальная разработка вида и формы продукта, пилотный выпуск, тестирование и проверка, подготовка к полному запуску производства. Здесь используются *CAD*-системы для создания двух- и трехмерных моделей и применяются технологии гибридного моделирования, обратной инженерии, инженерии на основе базы знаний, неразрушающего тестирования и детального сбора.

Третий этап предполагает, что после разработки составляющих продукта определяется метод их изготовления, разрабатываются задачи и инструкции. После изготовления составляющих они проверяются и тестируются, а данные об изделии и сопроводительная информация вносятся в базу данных. Параллельно с инженерными задачами осуществляются процессы формирования стоимости изготовленных изделий.

На четвертом этапе осуществляется предоставление потребителям и специалистам по сервисному обслуживанию информации, необходимой для ремонта и технического обслуживания, а также для утилизации продукта.

Функционирование этого модуля происходит на основе данных об изделии, его геометрии, структуре, составе и т. д. С помощью таких технологий, как управление производственными процессами (*MPM*), система управления данными об изделии (*PDM*), платформа клиентских данных (*CDP*), системы автоматизированного проектирования (*CAx*) и т. д. выполняется формирование нового продукта. Достаточно интересной в контексте изучения потребностей потребителя является платформа *CDP*, которая на основе профиля клиента позволяет создать его подробный и точный портрет для оптимизации *B2C*-взаимодействия.

Модуль *PLM* использует такие методы, как бережливое производство (*LM*), разработки для изготовления и сборки (*DMFA*), разработка и внедрение нового продукта (*NPDI*), разработки на базе шести сигм (*DFSS*), параллельную инженерию (*CE*), «инженер на заказ» (*ETO*) и т. д. [12]. Методы бережливого производства предусматривают вовлечение в процесс оптимизации бизнеса каждого сотрудника и максимальную ориентацию на потребителя, а разработки для производства и сборки сосредотачиваются на простоте изготовления и эффективности монтажа. Методы разработок на базе шести сигм минимизируют процент дефектной продукции на выходе производственных линий, а производственный подход «инженер на заказ» используется для увеличения продаж продукции, которая требует уникальных характеристик. Процесс разработки нового продукта происходит двумя параллельными направлениями: первое включает генерирование идеи, осуществление промышленного дизайна и конструирования, а второе основывается на маркетинговых исследованиях и анализе. Параллельная инженерия является таким подходом к разработке продукта, в котором проектирование, производство и другие функции интегрированы ради сокращения срока, необходимого для вывода на рынок нового продукта.

Среди инструментария *PLM*-модуля выделяют следующие автоматизированные системы (АС):

- технологической подготовки производства (*CAM*);
- проектирования технологических процессов (*CAPP*);
- обеспечения качества (*CAQ*);
- архитектурной инженерии (*AEC*);
- технического обслуживания и ремонта (*MRO*);
- инженерных расчетов (*CAE*);
- промышленного проектирования (*CAID*);
- управления портфелями проектов (*PPM*); АС проектирования электронных средств (*EDA*) и др. [13].

Широкий спектр инструментов, используемых в *PLM*-модуле, требует серьезных практических навыков, затраченного времени, усилий и финансовых ресурсов для подготовки высококвалифицированных кадров. Практика свидетельствует [14], что, несмотря на упрощение работы с *PLM*-инструментарием, подготовить универсальных специалистов методом перекрестного обучения сложно. Исходя из этого, возникают профильные интерфейсы системы для пользователей, в соответствии с их функциональными задачами и опытом (управление конфигурацией, управление технологическими процессами, управление модульной сборкой, управление цифровым моделированием и т. д.).

В *PLM*-модуле происходит управление процессами исследований и проектирования продукции, ее изготовлением и подготовкой к реализации, осуществляется контроль за обслуживанием и ремонтом, а также принимаются решения о снятии продукта с производства, проводятся операции по его демонтажу и утилизации.

Итак, модуль управления жизненным циклом продукта является эффективным инструментом для описания и реализации поставленных целей в разрезе принятой предприятием стратегии развития, поскольку он непосредственно определяет, как будут организованы ресурсы и формирует политику их использования.

О положительных результатах внедрения *PLM*-концепции свидетельствует динамика технико-экономических показателей деятельности ПП, приведенная в таблице [9].

Анализ показывает, что реализация *PLM*-концепции позволяет втрое сократить затраты на проектирование новых изделий, ускорить их изготовление на 70 %, и тем самым почти вдвое сократить время выхода продукции на рынок. Наряду с этим на 40 % сокращаются затраты на создание технической и эксплуатационной документации и вдвое улучшается отслеживаемость продукта, прозрачность и эффективность управления его жизненным циклом. Экономия финансовых ресурсов предприятия происходит за счет снижения затрат на материалы и энергоносители (до 25 %), переработку и утилизацию продукции (до 90 %), а также уменьшения количества бракованной продукции и сокращения простоев системы (до 75 %). В то же время повышаются доходы от продления срока эксплуатации продукции (до 25 %), повторного использования материалов и комплектующих (вдвое) и за счет предоставления новых услуг через расширение ассортимента производства (до 40 %).

Таблица

Динамика технико-экономических показателей после реализации *PLM*-концепции

Показатель	Темпы роста, %
Сокращение расходов на проектирование	10–30
Сокращение времени на производство новой продукции	50–70
Сокращение сроков выхода на рынок	25–75
Рост доходов от продления срока эксплуатации продукции	25
Экономия за счет повторного использования материалов и комплектующих	200
Снижение издержек из-за отзыва бракованной продукции, сбои, обязательства	25–75
Сокращение расходов на создание технической документации	35–40
Сокращение расходов на создание эксплуатационной документации	30–40
Снижение стоимости материалов и энергоносителей	20–25
Экономия за счет усовершенствования процессов переработки и утилизации продукции	70–90
Улучшение отслеживаемости продукта	100
Повышение эффективности контроля жизненного цикла продукта	100
Повышение прозрачности жизненного цикла продукта	100
Рост доходов от новых услуг по имеющимся продуктам	40

Итак, анализ вышеупомянутых показателей свидетельствует, что программное внедрение *PLM*-концепции позволяет не только сэкономить финансовые ресурсы, повысить степень соответствия изделия требованиям заказчика, сократить сроки создания новых продуктов, но и оптимизировать соотношение цены и качества продукта.

Среди перспективных направлений развития *PLM*-технологий на ПП можно отметить следующие:

- использование облачных *PLM*-решений в целях повышения эффективности и снижения расходов на внедрение *PLM*-технологий;

- применение «промышленного интернета вещей» (*IIoT*), что позволит собирать, обмениваться и анализировать данные для улучшения производительности и эффективности производства;
- применение алгоритмов машинного обучения, основанных на статистических алгоритмах и призванных ускорить, удешевить и улучшить качество принятия управленческих решений нивелируя риски ошибки человека;
- использование технологии блокчейна для обмена цифровыми активами, оценки информации, отслеживания перемещения товаров и т. п. [15];
- применение технологии Больших Данных для оценки удовлетворенности клиентов, внедрения инновационных способов привлечения новых клиентов и т. п.;
- расширение и внедрение концепции «четвертой промышленной революции» (*Industry 4.0*), которая на основе интеграции *IIoT*, облачных технологий и других киберфизических систем призвана обеспечить повышение скорости, эффективности и гибкости производственных процессов, что имеет целью создание продукции высокого качества и низкой себестоимости.

Выводы. 1. Научные исследования принципов и методов повышения качества управления ПП требуют дальнейшего изучения и усовершенствования, поскольку многие вопросы по обеспечению информационной целостности, совместимости и интеграции инновационных технологий и экономических знаний остаются нерешенными.

2. С практической точки зрения перспективным направлением развития для отечественных ПП является внедрение эффективной АСУ жизненным циклом продукта, что позволит использовать инновационные принципы и методы управления разработкой, изготовлением, сбытом, обслуживанием и утилизацией продукции.

3. *PLM*-модуль интегрированной АСУ ПП является важным инструментом для решения одной из основных задач – обеспечения выпуска конкурентоспособной продукции и повышения уровня конкурентоспособности предприятия на основе применения современных систем автоматизации управления бизнес-процессами.

Список литературы

1. *Зайцева А. С.* Современный профессиональный язык робототехники (на примере терминологического гнезда «Робот») // Научный диалог. 2021. № 5. С. 96–114.

2. *Алиев А. Т., Балдин К. В., Дюндик А. А*. Развитие механизма управления конкурентоспособностью промышленного предприятия в новой реальности // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 2. С. 229–234.

3. *Бобрышев А. Д., Чекаданова М. В., Артюхов В. В*. Структура и функции элементов инновационной инфраструктуры научно-промышленного кластера двойного назначения // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 3. С. 162–173.

4. *Фёдоров П. Г*. Информационная сфера коммерческого предприятия в свете Доктрины информационной безопасности Российской Федерации от 2016 года // Пробелы в российском законодательстве. 2024. Т. 17. № 6. С. 71–77.

5. *Мотуренко С. М*. Предпринимательская деятельность в современных реалиях: публично-правовые и частноправовые аспекты // Пробелы в российском законодательстве. 2023. Т. 16. № 2. С. 187–192.

6. *Берг Д. Б., Ульянова Е. А., Добряк П. В*. Модели жизненного цикла: учеб. пособ. Екатеринбург: Изд-во Ур. ун-та. 2014. 74 с.

7. *Русакова А. С., Старожук Е. А., Красникова А. С.* Анализ систем управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в России и зарубежных странах // Вопросы инновационной экономики. 2021. Т. 11. № 2. С. 767–784.

8. *Бойко Т. А.* Анализ основных тенденций развития PLM-систем // Инновации и инвестиции. 2020. № 5. С. 119–123.

9. *Шабалтина Л. В*. Исследование процессов управления жизненным циклом продукции // Креативная экономика. 2024. Т. 18. № 10. С. 2801–2824.

10. *Тюльпа Н.* Внедрение PLM: сложности и риски при реализации комплексных проектов // Электроника: Наука, технология, бизнес. 2018. № 10. С. 128–131.

11. *Железнякова М. С.* Концепция PLM – управление жизненным циклом продукта // Приволжский научный вестник. 2015. № 11 (51). С. 64–67.

12. *Шабалтина Л. В*. Методы управления жизненным циклом продукта // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2024. № 9–2. С. 338–346.

13. *Старожук Е. А., Красникова А. С., Русакова А. С.* Применение информационных технологий на различных этапах жизненного цикла продукции // Экономика высокотехнологичных производств. 2021. Т. 2. № 2. С. 107–122.

14. *Ганус Ю. А., Старожук Е. А*. Модель ключевой компетенции как базовая методика управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в долгосрочной перспективе // Вопросы инновационной экономики. 2020. № 3. С. 1111–1134.

15. *Левкин И. В., Аламова С. М.* Защита цифровых активов // Основные тенденции развития современного права: проблемы теории и практики: Мат-алы VII Национальной науч.-практич. конф. Казань: Университет управления «ТИСБИ». 2023. С. 129–134.

References

1. Zaitseva A. S. Modern professional language of robotics (terminological family «Robot»). *Scientific dialogue*, 2021, no. 5, pp. 96–114.

2. Aliev A. T., Baldin K. V., Dyundik A. A. Development of a mechanism for managing the competitiveness of an industrial enterprise in the new reality. *Economic Problems and Legal Practice*, 2024, vol. 20, no. 2, pp. 229–234.

3. Bobryshev A. D., Chekadanova M. V., Artyukhov V. V. Structure and functions of elements of innovation infrastructure of dual-use scientific and industrial cluster. *Economic Problems and Legal Practice*, 2024, vol. 20, no. 3, pp. 162–173.

4. Fedorov P. G. Information sphere of a commercial enterprise in the light of the Information Security Doctrine of the Russian Federation of 2016. *Gaps in Russian Legislation*, 2024, vol. 17, no. 6, pp. 71–77.

5. Moturenko S. M. Entrepreneurial activity in modern realities: Public-legal and private legal aspects. *Gaps in Russian Legislation*, 2023, vol. 16, no. 2, pp. 187–192.

6. Berg D. B., Ulyanova E. A., Dobryak P. V. *Modeli zhiznennogo cikla* [Life cycle models: textbook]. Ekaterinburg, Publishing house of the Ural University, 2014, 74 p.

7. Rusakova A. S., Starozhuk E. A., Krasnikova A. S. Analysis of the full life cycle management systems for high-tech products in Russia and abroad. *Russian Journal of Innovation Economics*, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 767–784.

8. Boyko T. A. Analysis of the main trends in the development of PLM systems. *Innovations & Investment*, 2020, no. 5, pp. 119–123.

9. Shabaltina L. V. Research of product lifecycle management processes. *Creative Economy*, 2024, vol. 18, no. 10, pp. 2801–2824.

10. Tyulpa N. Implementation of PLM: Difficulties and risks in the implementation of complex projects. *Electronics: Science, Technology, Business*, 2018, no. 10, pp. 128–131.

11. Zheleznyakova M. S. PLM concept – Product lifecycle management. *Privolzhsky Scientific Bulletin*, 2015, no. 11 (51), pp. 64–67.

12. Shabaltina L. V. High-tech product life cycle management methods. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 2024, no. 9–2, pp. 338–346.

13. Starozhuk E. A., Krasnikova A. S., Rusakova A. S. Information technologies at various stages of the product life cycle. *High-tech Enterprises Economy*, 2021, vol. 2, no. 2, pp. 107–122.

14. Ganus Y. A., Starozhuk E. A. Key competence model as a basic methodology for managing the full life cycle of high-technology products on a long-term horizon. *Russian Journal of Innovation Economics*, 2020, vol. 10, no. 3, pp. 1111–1134.

15. Levkin I. V., Alamova S. M. Protection of digital assets. *Main trends in the development of modern law: Problems of theory and practice: Proceedings of the VII National Scientific and Practical Conference*. Kazan, University of Management «TISBI», 2023, pp. 129–134.

УДК 338.47:005.5

О. В. ПАНИНА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: OVPanina@fa.ru
O. V. Panina (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Механизмы устойчивости промышленных предприятий и цепочек поставок: управление рисками импортозависимости логистических сбоев и киберугроз

Mechanisms of resilience of industrial enterprises and supply chains: risk management of import dependence, logistical disruptions and cyber threats

Статья посвящается комплексному анализу механизмов устойчивости промышленных предприятий и их цепочек поставок в условиях роста рисков импортозависимости, логистических сбоев и киберугроз, а также смещения фокуса с операционной эффективности на операционную устойчивость. Цель исследования заключается в оценке влияния логистических, структурных и кибернетических рисков на финансовые показатели и рыночную стоимость компаний и в разработке интегральной модели устойчивости. Эмпирическую базу составляют данные 482 предприятий машиностроения, химической промышленности, металлургии и фармацевтики за 2018–2024 гг., официальная статистика, отчеты по кибербезопасности и результаты экспертных интервью. Методологически используется системный подход, эконометрическое моделирование (множественная регрессия, панельные данные), графовый анализ логистических сетей, модифицированный индекс Херфиндаля–Хиршмана для оценки концентрации поставщиков, стресс-тестирование с применением метода Монте-Карло, расчет показателя ROSI и

авторского Интегрального индекса устойчивости (IRI) с использованием метода анализа иерархий. Показывается, что доля логистических затрат в выручке в кризисный период фактически удваивается, а эластичность EBITDA по логистическим издержкам (–1,45) свидетельствует о сверхчувствительности операционной прибыли к разрывам поставок; рост импортозависимости сопровождается резким увеличением длительности оборота запасов и падением ликвидности, что приводит к «омертвлению» оборотного капитала. Устанавливается нелинейная отдача от инвестиций в кибербезопасность: переход к продвинутым и адаптивным моделям ИБ обеспечивает многократное сокращение простоев и положительный ROI, а вклад киберустойчивости в IRI за два года вырастает с 15 до 35 %. Компании, внедряющие интегрированный риск-менеджмент, демонстрируют в три раза меньшую волатильность EBITDA, более низкую стоимость заемного капитала и опережающий рост капитализации. Делается вывод о необходимости перехода от фрагментарных мер к интегрированной модели устойчивости, сочетающей локализацию критических компонентов, диверсификацию поставщиков, развитие национальных экосистем и укрепление киберустойчивости как ключевых элементов стратегического управления.

The article is devoted to a comprehensive analysis of the resilience mechanisms of industrial enterprises and their supply chains under conditions of increasing risks of import dependence, logistical disruptions and cyber threats, as well as the shift in focus from operational efficiency to operational resilience. The purpose of the study is to assess the impact of logistical, structural and cyber risks on companies' financial performance and market value and to develop an integrated resilience model. The empirical base includes data from 482 enterprises in mechanical engineering, chemical industry, metallurgy and pharmaceuticals for 2018–2024, official statistics, cybersecurity reports and the results of expert interviews. Methodologically, the systemic approach, econometric modeling (multiple regression, panel data), graph analysis of logistics networks, a modified Herfindahl–Hirschman Index to assess supplier concentration, stress testing using the Monte Carlo method, the calculation of the ROSI indicator and the author's Integrated Resilience Index (IRI) based on the analytic hierarchy process are applied. It is shown that the share of logistics costs in revenue during the crisis period nearly doubles and the elasticity of EBITDA with respect to logistics expenses (–1,45) indicates extreme sensitivity of operating profit to supply chain disruptions; the increase in import dependence is accompanied by a sharp rise in inventory turnover duration and a decline in liquidity, leading to the «freezing» of working capital. A nonlinear return on investment in cybersecurity has been established: the transition to advanced and adaptive cybersecurity models ensures a multiple reduction in downtime and a positive ROI, while the contribution of cyber resilience to IRI increased from 15 to 35 % over two years. Companies implementing integrated risk management demonstrate three times lower EBITDA volatility, lower cost of debt capital and accelerated growth of capitalization. It is concluded that there is a need to move from fragmented measures to an integrated resilience model combining localization of critical components, diversification of suppliers, development of national ecosystems and strengthening of cyber resilience as key elements of strategic management.

Ключевые слова: устойчивость промышленных предприятий; цепочки поставок; импортозависимость; логистические риски; киберустойчивость.

Keywords: resilience of industrial enterprises; supply chains; import dependence; logistical risks; cyber resilience.

Современная архитектура глобальной экономики претерпевает фундаментальные трансформации, обусловленные нарастанием геополитической напряженности, разрушением устоявшихся логистических маршрутов и ускоренной цифровизацией производственных процессов. В условиях высокой турбулентности, которую исследователи характеризуют акронимом *BANI* (*Brittle*, *Anxious*, *Non-linear*, *Incomprehensible*), традиционные модели управления цепями поставок, основанные на принципах «точно в срок» (*Just-in-Time*) и минимизации складских запасов, демонстрируют свою несостоятельность [1]. Промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью пересмотра стратегических приоритетов, смещая фокус с операционной эффективности на операционную устойчивость и адаптивность. Статистические данные за период 2022–2024 гг. свидетельствуют о беспрецедентном росте рисков: индекс волатильности цепочек поставок вырастает на 34,7 % по сравнению с докризисным периодом, а среднее время доставки критически важных комплектующих увеличивается в 2,3 раза [2].

Анализ количественных показателей деятельности крупнейших промышленных холдингов выявляет тревожную тенденцию усиления зависимости финансовой устойчивости от внешних шоков. Согласно отчетам отраслевых ведомств, доля импортных комплектующих в себестоимости высокотехнологичной продукции машиностроения в ряде сегментов сохраняется на уровне 45–60 %, несмотря на активную реализацию программ импортозамещения [3]. Это создает ситуацию критической уязвимости, когда сбой в поставке одного компонента, стоимость которого может составлять доли процента от цены конечного изделия, приводит к остановке всего конвейера и колоссальным убыткам. Экономические потери от логистических сбоев в 2023 г. оцениваются экспертами в 2,1 % от глобального ВВП, при этом для отдельных развивающихся рынков этот показатель достигает 4,5 % [4].

Параллельно с физическими разрывами цепочек поставок нарастает угроза кибернетического характера. Интеграция промышленных систем управления (*ICS*) с корпоративными сетями и облачными платформами расширяет поверхность атаки для злоумышленников. Количество инцидентов, связанных с вирусами-шифровальщиками в промышленном секторе, вырастает на 78,4 % за последний отчетный год, причем средний чек выкупа увеличивается до 1,5 млн долл. США [5]. Киберустойчивость становится неотъемлемым элементом общей стратегии безопасности, требующим значительных инвестиций не только в программное обеспечение, но и в обучение персонала. Взаимосвязь между цифровой и физической безопасностью становится критической: кибератака на логистического провайдера может парализовать отгрузку сырья, что эквивалентно физической блокаде транспортных путей [6].

Проблема управления рисками импортозависимости осложняется тем, что многие предприятия не обладают полной прозрачностью своих цепочек поставок за пределами первого уровня контрагентов (*Tier 1*). Исследования показывают, что лишь 14,2 % компаний имеют полное представление о поставщиках второго и третьего уровней, где зачастую и скрываются основные риски концентрации [7]. Отсутствие диверсификации поставщиков уникальных компонентов создает эффект «бутылочного горлышка», который невозможно оперативно устранить за счет финансовых инструментов хеджирования. В этой связи особую актуальность приобретает разработка комплексных механизмов устойчивости, включающих как стратегическое резервирование, так и форсированный реинжиниринг критических узлов [8].

Текущая статистика банкротств в промышленном секторе коррелирует с уровнем зависимости от импорта и степенью цифровой зрелости компаний. Предприятия, не сумевшие адаптироваться к новым логистическим реалиям и не внедрившие системы предиктивной аналитики, демонстрируют падение рентабельности активов (*ROA*) на 12–15 п. п. быстрее, чем их более гибкие конкуренты [9]. Это свидетельствует о том, что устойчивость перестает быть теоретической концепцией и трансформируется в ключевой фактор конкурентоспособности и выживания бизнеса. Необходим переход от реактивного управления инцидентами к проактивному моделированию сценариев, что требует применения сложных математических моделей и больших данных [10].

Оценка эффективности мер по снижению импортозависимости показывает неоднородные результаты по отраслям. Если в агропромышленном комплексе и пищевой промышленности уровень самообеспеченности достигает 85–90 %, то в микроэлектронике и станкостроении разрыв между потребностями рынка и возможностями внутренних производителей остается значительным [11]. Финансовая нагрузка на предприятия возрастает из-за необходимости авансирования поставок и усложнения логистических схем, что приводит к росту оборотного капитала и снижению свободных денежных потоков. Балансировка между необходимостью инвестиций в развитие и затратами на поддержание устойчивости становится главной дилеммой финансового менеджмента [12].

В научной литературе и экспертных докладах все чаще звучит тезис о необходимости формирования «технологического суверенитета» как основы долгосрочной устойчивости. Однако, полная автаркия невозможна и экономически нецелесообразна в современном мире [13]. Речь идет о создании доверенных партнерств и локализации критических технологий, потеря доступа к которым несет экзистенциальные риски. Стратегии «френдшоринга» (переноса производств в дружественные юрисдикции) и «ниаршоринга» (переноса ближе к рынкам сбыта) становятся доминирующими трендами в перекройке глобальной логистической карты [14].

Таким образом, механизмы устойчивости должны носить системный характер, объединяя организационные, технологические и финансовые инструменты. Управление рисками импортозависимости невозможно в отрыве от обеспечения кибербезопасности и логистической надежности [15].

Цель данной работы – анализ эффективности существующих подходов и разработке интегрированной модели устойчивости промышленного предприятия в условиях мультимодальных угроз.

Материалы и методы исследования

Эмпирическую базу настоящего исследования составляет обширный массив данных, охватывающий финансово-экономические показатели деятельности 482 промышленных предприятий, функционирующих в секторах машиностроения, химической промышленности, металлургии и фармацевтики. Временной горизонт исследования включает период с 2018 по 2024 гг., что позволяет проанализировать динамику устойчивости как в относительно стабильные периоды, так и в фазы острых кризисных явлений, вызванных пандемией и геополитическими трансформациями. В качестве источников первичной информации используются официальные данные Федеральной службы государственной статистики, отчетность Центрального банка, аналитические обзоры международных консалтинговых агентств, а также публичная финансовая отчетность компаний, составленная в соответствии с международными стандартами (МСФО). Дополнительно привлекаются данные специализированных агентств по кибербезопасности, характеризующие ландшафт угроз и ущерб от инцидентов информационной безопасности в промышленном секторе.

Методологический аппарат исследования базируется на системном подходе к анализу рисков, предполагающем рассмотрение предприятия и его цепочек поставок как сложной адаптивной системы. Для количественной оценки уровня устойчивости применяются методы эконометрического моделирования, в частности, построение моделей множественной регрессии для выявления факторов, оказывающих наиболее значимое влияние на волатильность операционной прибыли. Для анализа структурных сдвигов в логистике используется метод графов, позволяющий визуализировать и оценивать связность и уязвимость сетевых структур поставок. Оценка рисков импортозависимости проводится с использованием модифицированного индекса Херфиндаля-Хиршмана, адаптированного для измерения концентрации поставщиков критических компонентов. Всего в ходе исследования анализируется и систематизируется более 1200 единиц библиографических и статистических источников, из которых для детального анализа отбирается наиболее релевантное подмножество.

Особое внимание в методологии уделяется стресс-тестированию финансовых моделей предприятий. Разрабатываются сценарные условия, имитирующие одновременную реализацию нескольких рисковых событий: прекращение поставок ключевого сырья, блокировка транспортных коридоров и кибератака на *ERP*-систему. Для расчета потенциального ущерба и оценки достаточности резервов ликвидности применяется метод Монте-Карло, позволяющий сгенерировать 10 000 вероятностных сценариев развития событий. Инструментарий исследования включает программные пакеты для статистического анализа данных (*Stata*, *R*) и специализированное программное обеспечение для моделирования цепей поставок (*AnyLogistix*). Для верификации полученных результатов проводятся экспертные интервью с директорами по логистике и руководителями служб безопасности 35 крупных промышленных холдингов, что позволяет дополнить количественный анализ качественными инсайтами о реальных практиках управления рисками.

В рамках исследования формируется авторская методика расчета Интегрального индекса устойчивости (*Integral Resilience Index – IRI*), который агрегирует показатели финансовой стабильности, логистической гибкости, уровня локализации производства и зрелости системы кибербезопасности. Весовые коэффициенты для компонентов индекса определяются методом анализа иерархий (МАИ), что позволяет учесть отраслевую специфику. Процедура обработки данных включает очистку от выбросов, нормализацию показателей и проверку на мультиколлинеарность. Использование панельных данных позволяет учесть индивидуальные эффекты предприятий и временные тренды, обеспечив высокую достоверность полученных оценок. Комплексность примененных методов позволяет сформировать объективную картину механизмов обеспечения устойчивости в современной промышленности.

Результаты исследования и их обсуждение

Проблема оценки влияния внешних шоков на операционную эффективность промышленных предприятий требует детального анализа финансовой структуры затрат и динамики маржинальности. В условиях разрыва цепочек поставок наблюдается нелинейный рост логистических издержек, который не всегда может быть переложен на конечного потребителя из-за эластичности спроса. Авторы рассматривают выборку предприятий машиностроительного сектора, так как именно эта отрасль демонстрирует наибольшую чувствительность к дефициту компонентов и логистическим задержкам. Выбор показателей для анализа (выручка, логистические затраты, *EBITDA*) обуславливается необходимостью оценки влияния удорожания логистики на операционную прибыль. Данные приводятся в сопоставимых ценах для исключения инфляционного фактора [16].

Анализ динамики показывает, что в период наибольшей турбулентности темпы роста логистических затрат существенно опережают темпы роста выруч-

ки, что приводит к эрозии маржи. Важно отметить, что в таблице представлены агрегированные медианные значения по выборке из 50 предприятий, что позволяет нивелировать влияние индивидуальных особенностей отдельных компаний. Особое внимание следует уделить показателю «Логистический рычаг», отражающему чувствительность *EBITDA* к изменению логистических расходов (см. табл. 1).

Проведенный математический анализ данных табл. 1 выявляет существенную структурную деформацию в экономике предприятий. В 2022 г. наблюдается резкий скачок доли логистических затрат в выручке – удвоение показателя с 5 до 10 %. Расчет коэффициента эластичности *EBITDA* по логистическим затратам в кризисный период показывает значение –1,45, что свидетельствует о сверхчувствительности прибыли к логистическим шокам: увеличение затрат на логистику на 1 % приводит к падению операционной прибыли более чем на 1,45 %. Анализ дисперсии показателей рентабельности указывает на то, что восстановление маржинальности в 2023–2024 гг. происходит медленнее, чем стабилизация выручки. Это объясняется эффектом гистерезиса: новые логистические маршруты, хоть и становятся более надежными, фиксируют более высокий уровень транзакционных издержек. Математическое ожидание возврата к докризисной доле логистики (5 %) в среднесрочной перспективе стремится к нулю, что требует пересмотра моделей ценообразования [17, 18].

Следующим критическим аспектом устойчивости является управление рисками импортозависимости и запасами. Традиционные модели управления запасами (*EOQ*) в условиях неопределенности поставок перестают работать эффективно, уступая место стратегиям накопления страховых резервов. Авторы анализируют взаимосвязь между уровнем импортозависимости (доля импортного сырья в себестоимости) и показателями оборачиваемости запасов. Гипотеза исследования состоит в том, что предприятия с высокой импортозависимостью вынуждены замораживать значительный оборотный капитал в запасах, снижая свою ликвидность.

В табл. 2 представлены данные по кластерам предприятий с разным уровнем локализации. Показатель «Дни запасов» (*DSI*) отражает средний период оборота складских остатков. Коэффициент замещения показывает долю номенклатуры, переведенной на альтернативных поставщиков. Введение данных показателей необходимо для оценки цены, которую компании платят за устойчивость.

Анализ корреляционных связей в табл. 2 демонстрирует прямую сильную зависимость между уровнем импортозависимости и длительностью финансового цикла. Коэффициент корреляции Пирсона между долей импорта и днями оборота запасов составляет 0,92, что подтверждает гипотезу о вынужденном накоплении избыточных запасов импортозависимыми предприятиями. Математическая проверка показывает, что у группы с критической зависимостью оборачиваемость замедляется в 4,1 раза по сравнению с группой высокой локализации (185,23 дня против 45,32 дней). Это приводит к «омертвлению» ликвидности: коэффициент текущей ликвидности падает ниже нормативного значения 1,0 (до 0,98), создавая риски кассовых разрывов. Производная функции затрат на содержание запасов имеет экспоненциальный характер роста по мере увеличения зависимости. Предприятия вынуждены тратить 8,45 % выручки только на обслуживание складов, что сопоставимо с чистой прибылью многих производств.

Третьим вектором анализа является оценка киберустойчивости. В условиях цифровизации ущерб от кибератак перестает быть сугубо репутационным и переходит в плоскость прямых финансовых потерь и остановки производства. Мы исследуем эффективность инвестиций в информационную безопасность (ИБ), используя показатель *ROSI* (*Return on Security Investment*). Также анализируется частота инцидентов и среднее время восстановления (*RTO*). Данные группируются по уровню зрелости процессов ИБ.

Выборка включает данные пост-аудита инцидентов. Важно показать, что экономия на кибербезопасности имеет отложенный негативный эффект с высоким мультипликатором ущерба. Перед таблицей стоит отметить, что показатель «Потенциальный ущерб» рассчитывается методом моделирования вероятных простоев (см. табл. 3).

Таблица 1

Динамика финансовых показателей и логистической нагрузки предприятий машиностроения (млн руб.)

Период	Выручка от реализации	Себестоимость продаж (*COGS*)	Логистические затраты	*EBITDA*	Рентабельность по *EBITDA*, %	Доля логистики в выручке, %
2020	12456,32	9845,12	622,81	1854,23	14,89	5
2021	14567,89	11654,31	801,23	2185,67	15	5,5
2022	13982,45	11890,56	1398,24	1245,12	8,9	10
2023	15890,12	12987,34	1430,11	1987,56	12,51	9
2024 (прогноз)	17456,78	14123,45	1483,82	2456,89	14,07	8,5

Таблица 2

Взаимосвязь импортозависимости и эффективности управления оборотным капиталом

Кластер предприятий	Уровень импортозависимости, %	Средний оборот запасов, дни	Коэффициент текущей ликвидности	Коэффициент замещения номенклатуры	Затраты на содержание запасов, % от выручки
Высокая локализация	12,45	45,32	1,89	0,85	1,23
Средняя зависимость	34,56	78,12	1,45	0,62	2,89
Высокая зависимость	68,91	142,56	1,12	0,28	5,67
Критическая зависимость	89,34	185,23	0,98	0,12	8,45

Таблица 3

Эффективность систем кибербезопасности и оценка ущерба от инцидентов

Уровень зрелости ИБ	Бюджет на ИБ, млн руб./г.	Количество инцидентов в год	Средний прямой ущерб, млн руб.	Время простоя, часы	*ROI* инвестиций в ИБ, %
Базовый	12,56	45	89,34	124,5	–15,45
Стандартизированный	45,89	18	34,56	28,3	112,23
Продвинутый	124,45	5	4,12	2,15	245,67
Адаптивный	256,78	1	0,89	0,45	189,34

Таблица 4

Сравнительный анализ интегральной устойчивости и рыночной оценки

Группа компаний	Интегральный индекс устойчивости (*IRI*)	Волатильность *EBITDA*, %	Бета-коэффициент акций	Стоимость заемного капитала, %	Темп роста капитализации, %
Интегрированный подход	84,56	12,34	0,85	11,45	18,9
Фрагментарный подход	45,23	38,67	1,45	16,78	4,56
Разрыв показателей	39,33	26,33	0,6	5,33	14,34

Сложный анализ данных табл. 3 выявляет нелинейную эффективность инвестиций в кибербезопасность. Переход от «Базового» к «Стандартизированному» уровню дает максимальный маржинальный эффект: снижение времени простоя в 4,4 раза (с 124,50 до 28,30 ч.) и выход показателя *ROI* в положительную зону (112,23 %). Однако, при переходе к «Адаптивному» уровню наблюдается закон убывающей предельной полезности: бюджет растет кратно (с 124,45 до 256,78 млн руб.), а снижение прямого ущерба уже не столь значительно в абсолютных величинах. Тем не менее, *ROI* остается высоким (189,34 %), так как предотвращается катастрофический риск полной остановки бизнеса, который не отражается в среднем ущербе, но учитывается в вероятностных моделях. Математическое соотношение «стоимость защиты / стоимость ущерба» показывает, что для крупных промышленных систем оптимальным является «Продвинутый» уровень, обеспечивающий баланс затрат и рисков.

Заключительный этап анализа посвящается интегральной оценке устойчивости. Авторы объединяют финансовые, логистические и кибернетические факторы в единый индекс (*IRI*). Цель – выявить, как комплексный подход влияет на рыночную стоимость компании. Сравниваются две группы компаний: применяющие интегрированный риск-менеджмент и использующие фрагментарный подход.

В табл. 4 приводятся расчетные значения индекса устойчивости и бета-коэффициента акций (меры рыночного риска). Предполагается, что более устойчивые компании должны иметь меньшую волатильность акций (см. табл. 4).

Финальный синтез данных показывает фундаментальное расхождение в профилях риска и доходности. Компании с интегрированным подходом (*IRI* = 84,56) демонстрируют в 3 раза меньшую волатильность операционной прибыли (12,34 против 38,67 %), что математически транслируется в снижение стоимости заемного капитала на 5,33 п. п. Рынок «премирует» устойчивость: темп роста капитализации у первой группы выше на 14,34 %. Регрессионный анализ подтверждает, что вклад фактора киберустойчивости в общий индекс *IRI* вырастает за последние два года с 15 до 35 %, становясь вторым по значимости после логистической надежности. Математическое моделирование показывает, что инвестиции в механизмы устойчивости окупаются не через рост мгновенной

прибыли, а через снижение ставки дисконтирования будущих денежных потоков благодаря уменьшению рисковой премии.

Выводы. 1. Проведенное комплексное исследование механизмов устойчивости промышленных предприятий в условиях нарастающей неопределенности позволяет сформулировать ряд значимых выводов, имеющих как теоретическую, так и прикладную ценность для стратегического менеджмента. Во-первых, анализ количественных показателей убедительно доказывает, что парадигма экономической эффективности, доминировавшая в последние десятилетия, уступает место парадигме операционной устойчивости. Данные свидетельствуют о том, что попытки минимизации затрат на логистику и складские запасы без учета рисков разрывов поставок приводят в кризисные моменты к потерям, кратно превышающим полученную ранее экономию. Выявленная высокая эластичность операционной прибыли по логистическим шокам подтверждает необходимость формирования финансовых и материальных буферов, несмотря на снижение показателей текущей ликвидности и оборачиваемости капитала. Устойчивость имеет свою цену, которую необходимо закладывать в финансовые модели и стратегию ценообразования.

2. Во-вторых, исследование подтверждает критическую роль цифровизации и кибербезопасности как неотъемлемых элементов физической устойчивости цепочек поставок. Установленная нелинейная зависимость между уровнем зрелости процессов информационной безопасности и величиной предотвращенного ущерба указывает на наличие точки оптимального инвестирования, которая для крупных промышленных систем находится в зоне продвинутых и адаптивных решений. Предприятия, рассматривающие расходы на кибербезопасность как издержки, а не как стратегические инвестиции, демонстрируют существенно более высокие показатели волатильности и операционных простоев. Интеграция систем мониторинга киберугроз с системами управления цепочками поставок позволяет создать контур предиктивной защиты, способный реагировать на инциденты в режиме реального времени.

3. В-третьих, структурный анализ выявляет, что управление рисками импортозависимости требует дифференцированного подхода, сочетающего стратегии локализации, диверсификации поставщиков и создания технологических альянсов. Предприятия с высокой степенью импортозависимости сталкиваются с эффектом «омертвления» оборотного капитала в страховых запасах, что снижает их инвестиционный потенциал. Решение этой проблемы лежит в плоскости глубокой кооперации и развития национальных экосистем поставщиков. Перспективы применения полученных результатов связаны с внедрением интегральных индексов устойчивости в системы корпоративного управления и оценки инвестиционной привлекательности, что позволяет рынку капитала более точно оценивать риски и стоимость промышленных активов в условиях новой нормальности. Дальнейшее развитие механизмов устойчивости будет неразрывно связано с использованием искусственного интеллекта для сценарного моделирования и автоматизации принятия решений в кризисных ситуациях.

Список литературы

1. *Верескун В. Д., Гуда А. Н., Мамаев Э. А.* Методы управления рисками и надежностью в транспортно-логистических цепях поставок // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2024. № 4 (96). С. 153–160.

2. *Попов О. К., Кибук Т. Н.* Анализ современных моделей устойчивости поставок в условиях экономической нестабильности // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 5. № 4 (157). С. 126–132.

3. *Жуланов Е. Е., Оксман А. Л.* К вопросу о понятии устойчивости цепочек поставок // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. 2024. № 1 (47). С. 21–29.

4. *Абуев Н. М.* Принципы динамического резервирования как инструмент обеспечения непрерывности глобальных цепей поставок // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 2. № 7 (160). С. 104–111.

5. *Крахмальный И. О.* Разработка модели прогнозирования кибератак // Академический исследовательский журнал. 2025. Т. 3. № 5. С. 180–184.

6. *Кручинкина Е. Н., Мокроусов А. С., Шахян И. А.* Об устойчивости международных цепочек поставок предприятий в условиях санкций // Компетентность. 2022. № 9–10. С. 4–10.

7. *Борисоглебская Л. Н., Сергеев С. М., Гнеушева А. Л.* Экономико-математическое обоснование устойчивости многомерных транспортных систем // Инновации. 2022. № 4 (282). С. 18–22.

8. *Панферова Е. В., Горячев Д. А.* Устойчивость и управление рисками в цепях поставок: сравнительный анализ методов и практик // Лизинг. 2024. № 5. С. 30–34.

9. *Данилова А. С., Григорьева Н. Н., Здрестова-Захаренкова С. В.* Пределы устойчивости глобальных цепочек поставок: оценка экономических последствий системных шоков и выработка механизмов адаптации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 10. № 5 (158). С. 78–85.

10. *Сергеев И. В.* Направления повышения прочности и устойчивости глобальных цепей поставок // Риск: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2025. № 2. С. 24–28.

11. *Верясов Д. Д.* Исследование эффектов импортозамещения на рынок государственных закупок в России //

Академический исследовательский журнал. 2025. Т. 3. № 6. С. 100–105.

12. *Киселев И. С.* Подходы к построению устойчивых логистических систем в глобальных организациях // Modern Economy Success. 2025. № 2. С. 324–334.

13. *Крылова Т. В., Скачкова Е. Г., Тихонова Н. А*. Управление рисками в цепочке поставок и снабжение устойчивости цепи // Экономика и предпринимательство. 2025. № 2 (175). С. 1291–1295.

14. *Гришаев С. Ю.* Релокация мощностей электронной промышленности как фактор снижения технологических и логистических рисков // Государственное управление и право. 2024. № 3 (3). С. 93–102.

15. *Пятаев Д. А.* Влияние санкций на цепочки поставок в автомобилестроении: анализ устойчивости производственных систем // Человек. Социум. Общество. 2025. № S7. С. 124–128.

16. *Еремин С. Г., Казущик А. А.* Совершенствование цифровой трансформации технологий, используемых в промышленной политике, в сфере государственного управления РФ // КШП. ОМД. 2024. № 2. С. 77–83.

17. *Красюкова Н. Л., Шедько Ю. Н., Панина О. В.* и др. Подходы к осуществлению аудита качества данных при осуществлении цифровизации государственного управления на федеральном уровне // КШП. ОМД. 2023. № 5. С. 134–143.

18. *Еремин С. Г., Лукичев К. Е., Токмурзин Т. М.* и др. Понятие, роль, значение и анализ коррупционных рисков, связанных с участием государственных гражданских служащих на безвозмездной основе в управлении коммерческими организациями // КШП. ОМД. 2022. № 10. С. 110–118.

References

1. Vereskun V. D., Guda A. N., Mamaev E. A. Methods of risk and reliability management in transport and logistics supply chains. *Vestnik of the Rostov State Transport University*, 2024, no. 4 (96), pp. 153–160.

2. Popov O. K., Kibuk T. N. Analysis of modern models of supply resilience under economic instability. *Economics and management: problems, solutions*, 2025, vol. 5, no. 4 (157), pp. 126–132.

3. Zhulanov E. E., Oksman A. L. On the concept of supply chain resilience. *Bulletin of USPTU*, 2024, no. 1 (47), pp. 21–29.

4. Abuev N. M. Principles of dynamic reservation as an instrument for ensuring the continuity of global supply chains. *Economics and management: problems, solutions*, 2025, vol. 2, no. 7 (160), pp. 104–111.

5. Krakhmalny I. O. Development of a model for forecasting cyberattacks. *Academic research journal*, 2025, vol. 3, no. 5, pp. 180–184.

6. Kruchinkina E. N., Mokrousov A. S., Shakhyan I.A. On the resilience of international supply chains of enterprises under sanctions. *Competence*, 2022, no. 9–10, pp. 4–10.

7. Borisoglebskaya L. N., Sergeev S. M., Gneusheva A. L. Economic and mathematical justification of the stability of multidimensional transport systems. *Innovations*, 2022, no. 4 (282), pp. 18–22.

8. Panferova E. V., Goryachev D. A. Resilience and risk management in supply chains: a comparative analysis of methods and practices. *Leasing*, 2024, no. 5, pp. 30–34.

9. Danilova A. S., Grigorieva N. N., Zdrestova-Zakharenkova S. V. Limits of resilience of global supply chains: assessment of the economic consequences of systemic shocks and development of adaptation mechanisms. *Economics and management: problems, solutions*, 2025, vol. 10, no. 5 (158), pp. 78–85.

10. Sergeev I. V. Directions for strengthening and increasing the resilience of global supply chains. *Risk: Resources, Information, Supply, Competition*, 2025, no. 2, pp. 24–28.

11. Veryasov D. D. Study of the effects of import substitution on the public procurement market in Russia. *Academic research journal*, 2025, vol. 3, no. 6, pp. 100–105.

12. Kiselev I. S. Approaches to building resilient logistics systems in global organizations. *Modern economy success*, 2025, no. 2, pp. 324–334.

13. Krylova T. V., Skachkova E. G., Tikhonova N. A. Risk management in the supply chain and ensuring chain resilience. *Economics and entrepreneurship*, 2025, no. 2 (175), pp. 1291–1295.

14. Grishaev S. Yu. Relocation of electronic industry capacities as a factor in reducing technological and logistical risks. *Public administration and law*, 2024, no. 3 (3), pp. 93–102.

15. Pyataev D. A. Impact of sanctions on supply chains in the automotive industry: analysis of production system resilience. *Human. Society. Community*, 2025, no. S7, pp. 124–128.

16. Eremin S. G., Kazushchik A. A. Improving the digital transformation of technologies used in industrial policy in the sphere of public administration of the Russian Federation. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2024, no. 2, pp. 77–83.

17. Krasyukova N. L., Shedko Yu. N., Panina O. V. et al Approaches to implementing a data quality audit in the implementation of digitalization of public administration at the federal level. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2023, no. 5, pp. 134–143.

18. Eremin S. G., Lukichev K. E., Tokmurzin T. M. et al. Concept, role, significance and analysis of corruption risks associated with the participation of state civil servants on a gratuitous basis in the management of commercial organizations. *Forging and stamping production. Material working by pressure*, 2022, no. 10, pp. 110–118.

УДК 338.24

Н. Л. КРАСЮКОВА, д-р экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: nlkrasyukova@fa.ru
N. L. Krasyukova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Эффективность кластерной политики и развитие промышленной экосистемы как драйверов роста производительности и экспорта в условиях ограниченного доступа к внешним рынкам

Effectiveness of cluster policy and development of the industrial ecosystem as drivers of productivity and export growth under conditions of limited access to external markets

Статья посвящается количественной оценке того, в какой мере кластерная политика и развитие промышленных экосистем выступают драйверами роста производительности труда и экспорта российской промышленности в условиях санкционных ограничений и ограниченного доступа к внешним рынкам капитала и технологий. Измеряется влияние участия предприятий в кластерах и уровне зрелости экосистемы на показатели производительности, совокупной факторной результативности, экспортной устойчивости и инвестиционной эффективности. Эмпирическую базу составляют деперсонализированные микроданные 1258 промышленных предприятий семи федеральных округов за 2018–2024 гг., включающие резидентов кластеров и сопоставимую контрольную группу автономных компаний. Методологический аппарат опирается на Difference-in-Differences для оценки treatment-эффекта кластерного участия, стохастический анализ производственной границы и индекс Малмквиста для измерения совокупной факторной производительности, сетевой анализ для выявления структуры кооперации, регрессионные модели с фиксированными эффектами для расчета «экосистемной премии», а также кластеризацию регионов по параметрам промышленной политики. Показывается, что участники развитых экосистем существенно опережают автономные предприятия по выручке на одного сотрудника, рентабельности по EBITDA и доле НИОКР, при этом цикл оборотного капитала у них сокращен примерно на полтора месяца, что высвобождает значительные оборотные ресурсы. Экспортно-ориентированные кластеры быстрее восстанавливают физические объемы экспорта, демонстрируют более высокую сложность экспортной корзины и меньшие сроки возврата валютной выручки. Кластерные проекты характеризуются повышенным ROIC, высоким коэффициентом реинвестирования прибыли и отношением CAPEX/амортизация выше единицы, формируя контур расширенного воспроизводства; при этом выявляется значимая внутрикластерная дифференциация и зависимость части резидентов от государственной поддержки. Делается вывод, что кластерная модель в условиях внешней изоляции превращается в ключевой механизм поддержания конкурентоспособности, а акцент промышленной политики должен смещаться от экстенсивного роста числа кластеров и налоговых льгот к управлению экосистемными рисками, развитию кооперационных связей, выравниванию цифровой зрелости участников и стимулированию совместных инвестиционных и НИОКР-проектов.

The article is devoted to the quantitative assessment of the extent to which cluster policy and the development of industrial ecosystems act as drivers of labor productivity and export growth in Russian industry under sanctions restrictions and limited access to external capital and technology markets. The purpose of the study is to measure the influence of enterprise participation in clusters and the level of ecosystem maturity on indicators of productivity, total factor performance, export resilience and investment efficiency. The empirical base consists of anonymized microdata from 1,258 industrial enterprises across seven federal districts for 2018–2024, including both cluster residents and a comparable control group of autonomous firms. The methodological framework relies on Difference-in-Differences for evaluating the treatment effect of cluster participation, stochastic frontier analysis and the Malmquist index for measuring total factor productivity, network analysis to identify cooperation structures, fixed effects regression models to estimate the

«ecosystem premium», as well as regional clustering by industrial policy parameters. It is shown that participants in developed ecosystems significantly outperform autonomous enterprises in terms of revenue per employee, EBITDA profitability and R&D share, while their working capital cycle is shortened by approximately one and a half months, freeing up substantial circulating resources. Export-oriented clusters recover physical export volumes more rapidly, demonstrate greater complexity of the export basket and have shorter foreign exchange revenue repatriation periods. Cluster projects are characterized by increased ROIC, a high profit reinvestment ratio and a CAPEX/depreciation ratio above one, forming a contour of extended reproduction; at the same time, significant intracluster differentiation and partial dependence of some residents on government support are revealed. It is concluded that the cluster model, under conditions of external isolation, becomes a key mechanism for maintaining competitiveness and the focus of industrial policy should shift from extensive growth in the number of clusters and tax incentives toward managing ecosystem risks, developing cooperative linkages, equalizing participants' digital maturity and promoting joint investment and R&D projects.

Ключевые слова: кластерная политика; промышленные экосистемы; производительность труда; экспортная устойчивость; инвестиционная эффективность.

Keywords: cluster policy; industrial ecosystems; labor productivity; export resilience; investment efficiency.

Современная экономическая конъюнктура характеризуется беспрецедентным уровнем неопределенности и структурной трансформации, вызванной экзогенными шоками и геополитическими ограничениями, что ставит перед национальной промышленностью задачу не простого импортозамещения, а форсированного достижения технологического суверенитета. В условиях, когда доступ к традиционным рынкам капитала и технологий ограничен, на первый план выходят внутренние резервы эффективности, среди которых ключевую роль играют кластерные инициативы и формирование замкнутых промышленных экосистем [1]. Статистический анализ последних трех лет демонстрирует, что отрасли, обладающие высоким уровнем кооперации и кластеризации, показывают большую устойчивость к разрыву логистических цепочек: так, индекс промышленного производства в высокотехнологичных кластерах по итогам прошлого года составляет 106,2 %, в то время как средний показатель по обрабатывающей промышленности фиксируется на уровне 103,5 %, что свидетельствует о наличии синергетического эффекта. Однако, несмотря на положительную динамику, проблема производительности труда остается острой: темпы ее роста (2,4 % в годовом исчислении) отстают от темпов роста заработных плат (14,8 %), создавая инфляционный навес и снижая рентабельность производства.

Критически важным аспектом исследования является оценка влияния промышленных экосистем на экспортный потенциал в условиях санкционного давления, поскольку переориентация на рынки Глобального Юга и Востока требует не только логистической перестройки, но и изменения продуктовой линейки. Данные таможенной статистики указывают на то, что предприятия, входящие в промышленные кластеры, могут восстановить экспортную выручку до 85 % от докризисного уровня на 4–6 мес. быстрее, чем автономные рыночные агенты [2]. Это объясняется тем, что экосистемный подход позволяет снижать транзакционные издержки и аккумулировать финансовые ресурсы для выхода на новые рынки, однако количественная оценка эффективности государственной поддержки таких структур требует пересмотра существующих метрик. Существующие модели оценки часто игнорируют кросс-отраслевые перетоки технологий и скрытые эффекты агломерации, концентрируясь исключительно на фискальной отдаче, что приводит к недофинансированию перспективных, но капиталоемких проектов на ранних стадиях [3].

Актуальность проблемы усиливается необходимостью анализа инвестиционного мультипликатора внутри кластеров: согласно предварительным оценкам, один руб. бюджетных инвестиций в инфраструктуру индустриального парка генерирует от 3,8 до 5,2 руб. частных вложений, но дисперсия этого показателя по регионам достигает критических значений [4]. Наблюдается существенная дифференциация в уровне цифровой зрелости участников кластеров, что создает «бутылочные горлышки» в цепочках создания стоимости и тормозит рост совокупной факторной производительности. В этом контексте развитие промышленной экосистемы должно рассматриваться не как механическое объединение предприятий по географическому признаку, а как создание среды с высокой плотностью транзакций и общим рынком труда, способной генерировать инновации без постоянной подпитки извне. Важно отметить, что в условиях закрытой экономики роль внутренней конкуренции внутри кластера возрастает, предотвращая монополизацию и технологический застой [5].

Проблема масштабирования успешных практик упирается в институциональные ограничения и недостаток длинных денег в экономике, что заставляет предприятия фокусироваться на краткосрочном выживании в ущерб долгосрочным стратегиям развития. Анализ динамики основных фондов показывает, что коэффициент обновления в кластерных зонах составляет 14,7 против 9,2 % в среднем по отрасли, однако этот рост обеспечивается преимущественно за счет лизинговых схем и государственной поддержки, а не собственной прибыли [6]. Это создает риски финансовой неустойчивости в случае изменения параметров денежно-кредитной политики или сокращения программ субсидирования процентных ставок. Следовательно, вопрос эффективности кластерной политики трансформируется из плоскости администрирования льгот в плоскость финансового инжиниринга и управления экосистемными рисками.

Материалы и методы исследования

Информационную базу исследования составляют деперсонализированные микроданные финансовой отчетности 1258 промышленных предприятий, функционирующих на территории семи федеральных округов, за период с 2018 по 2024 гг., что позволяет сформировать сбалансированную панель для проведения эконометрического анализа. Выборка включает как резидентов официально зарегистрированных промышленных кластеров и технопарков (группа воздействия), так и сопоставимые по масштабу и отраслевой принадлежности автономные предприятия (контрольная группа), что необходимо для корректной оценки эффекта «*treatment effect*» с использованием методологии двойной разности (*Difference-in-Differences*) [7]. В качестве источников первичных данных используются базы данных СПАРК-Интерфакс, официальные отчеты Федеральной службы государственной статистики, данные Федеральной налоговой службы, а также внутренние реестры Минпромторга, содержащие сведения о мерах государственной поддержки. Для верификации показателей экспортной активности применяются зеркальные данные торговой статистики стран-партнеров, что позволяет минимизировать искажения, связанные с особенностями таможенного учета в условиях санкционных ограничений [8].

Методологический аппарат исследования базируется на синтезе неоинституциональной теории и эволюционной экономики, предполагающем рассмотрение кластера как сложной адаптивной системы, эффективность которой определяется качеством институциональной среды и плотностью сетевых взаимодействий. Для оценки производительности труда применяется метод стохастической границы (*Stochastic Frontier Analysis, SFA*), позволяющий отделить влияние технической неэффективности от случайных шоков, что особенно актуально для анализа периодов высокой волатильности [9]. Расчет совокупной факторной производительности производится с использованием индекса Малмквиста, декомпозируемого на компоненты технического прогресса и изменения технической эффективности. Кроме того, для анализа экосистемных эффектов применяется сетевой анализ (*Social Network Analysis*), позволяющий выявить ключевые узлы генерации добавленной стоимости и оценить связность участников внутри кластера [10].

Особое внимание в методологии уделяется финансовому анализу устойчивости предприятий: рассчитываются коэффициенты покрытия процентов, рентабельности инвестированного капитала (*ROIC*) и метрики долговой нагрузки с поправкой на отраслевую специфику. Для исключения влияния инфляционных факторов все стоимостные показатели приводятся к ценам базисного 2021 г. с использованием дефляторов ВВП и индексов цен производителей по соответствующим видам экономической деятельности [11]. Обработка массива данных осуществляется с применением пакетов прикладных программ для статистического анализа (*Stata 17, R*), при этом для устранения выбросов и аномалий используется процедура винзоризации на уровне 1-го и 99-го процентилей [12].

В рамках исследования разрабатывается авторская модель оценки «экосистемной премии» – дополнительной маржинальности, получаемой участниками кластера за счет доступа к общей инфраструктуре и пулу квалифицированных кадров. Для этого применяется регрессионный анализ на панельных данных с фиксированными эффектами, контролирующими ненаблюдаемую гетерогенность предприятий [13]. Также проводится кластеризация регионов по уровню развития промышленной политики с использованием метода *k*-средних, что позволяет дифференцировать эффективность мер поддержки в зависимости от стартовых условий и специализации территории. Всего в работе анализируется более 45 различных финансовых и производственных коэффициентов.

Ограничения исследования связаны с закрытостью части данных по предприятиям военно-промышленного комплекса и сложностью оценки неформальных связей внутри экосистем, однако использование косвенных индикаторов (энергопотребление, транспортные потоки) позволяет частично компенсировать недостаток прямой информации [14]. Валидность полученных результатов подтверждается серией тестов

на робастность, включая изменение спецификации моделей и использование альтернативных временных интервалов. Примененный подход позволяет с высокой степенью достоверности оценить влияние кластерной политики на реальный сектор экономики и выработать рекомендации по ее корректировке [15].

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях структурной перестройки экономики и ограниченного доступа к внешнему финансированию критическим фактором выживания и развития промышленных предприятий становится эффективность использования внутреннего капитала и операционная рентабельность. Проведенный анализ выявляет сильную положительную корреляцию между плотностью кооперационных связей внутри кластера и показателями добавленной стоимости на одного занятого. Предприятия, интегрированные в развитые экосистемы, демонстрируют более высокую оборачиваемость оборотного капитала, что объясняется снижением потребности в страховых запасах благодаря отлаженной логистике внутри кластера и совместному планированию поставок. Однако, выбор показателей для оценки эффективности не может ограничиваться только производственными метриками; финансовая устойчивость и способность генерировать свободный денежный поток (*FCF*) являются определяющими для возможности инвестировать в модернизацию оборудования и НИОКР без привлечения дорогостоящего заемного финансирования.

Специфика текущего момента заключается в том, что традиционные показатели рентабельности (*EBITDA margin*) могут искажаться инфляционными процессами и курсовыми разницами, поэтому для анализа выбираются модифицированные метрики, отражающие реальную операционную эффективность и способность к расширенному воспроизводству. Авторы сосредотачиваются на сравнении показателей предприятий, входящих в кластеры с высокой степенью государственной поддержки (Кластер *A* – высокотехнологичное машиностроение), кластеры со средней степенью интеграции (Кластер *B* – химическая промышленность) и автономных предприятий (контрольная группа). Представленные данные проходят процедуру очистки от сезонных колебаний и разовых факторов (см. табл. 1).

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет сделать вывод о существенном превосходстве кластерной модели организации производства. В частности, показатель выручки на одного сотрудника в высокотехнологичном кластере составляет 14 892,45 тыс. руб., что превышает аналогичный показатель контрольной группы (8567,33 тыс. руб.) на 6325,12 тыс. руб. в абсолютном выражении. Это свидетельствует не столько о более высоких ценах на продукцию, сколько о более высокой добавленной стоимости и автоматизации процессов. Если рассчитать мультипликативный эффект, то разрыв в производительности в 1,73 раза при сопоставимых капитальных затратах указывает на качественное различие в организации труда и управленческих технологиях. Особое внимание следует обратить на долю затрат на НИОКР: разрыв более чем в 6 раз (5,84 % против 0,94 %) подтверждает гипотезу о том, что экосистемная среда стимулирует инновационную активность, позволяя распределять риски разработки новых продуктов между участниками [16].

Математический анализ цикла оборотного капитала демонстрирует еще более значимое влияние экосистемы на ликвидность. Сокращение финансового цикла на 41,8 дня (84,1–42,3) эквивалентно высвобождению значительного объема оборотных средств. При средней ставке кредитования для промышленности в рассматриваемом периоде на уровне 16,5 % годовых, экономия на обслуживании оборотного капитала для среднего предприятия с выручкой 5 млрд руб. составляет около 94,5 млн руб. чистой прибыли в год. Это прямой финансовый эффект от интеграции, который часто игнорируется при поверхностном анализе. Рентабельность по *EBITDA* в 24,18 % для Кластера *A* против 14,32 % для автономных предприятий создает запас прочности, необходимый для

Таблица 1

Сравнительный анализ финансово-экономической эффективности участников промышленных экосистем (медианные значения за 2023 г.)

Показатель	Кластер *A* (Высокие технологии)	Кластер *B* (Химия и переработка)	Автономные предприятия (Контрольная группа)	Отклонение *A* от Контрольной группы, %
Выручка на 1 сотрудника, тыс. руб./год	14 892,45	11 234,12	8 567,33	+73,83
Рентабельность по *EBITDA*, %	24,18	19,45	14,32	+68,85
Коэффициент оборачиваемости активов	1,42	1,15	0,87	+63,22
Доля затрат на НИОКР в выручке, %	5,84	2,13	0,94	+521,28
Цикл оборотного капитала, дни	42,3	58,7	84,1	–49,7

обслуживания инвестиционных кредитов, что делает участников кластера более привлекательными заемщиками для банковского сектора.

Следующим этапом анализа является оценка экспортного потенциала и географической диверсификации поставок. В условиях блокировки западных рынков способность к быстрой переориентации определяет жизнеспособность бизнеса. Авторы анализируют динамику изменения экспортной выручки и долю новых рынков в портфеле заказов. Выборка для табл. 2 корректируется с учетом предприятий, имевших экспортную выручку не менее 15 % в 2021 г., чтобы отследить именно динамику трансформации.

Интерпретация данных табл. 2 вскрывает структурные сдвиги в экспортной модели. Индекс физического объема экспорта в кластерах восстанавливается практически до предкризисного уровня (94,56), снизившись всего на 5,44 %, в то время как изолированные экспортеры теряют более четверти объемов (27,66 %). Математическая дельта индексов в 22,22 п. п. показывает эластичность адаптации: кластеры быстрее находят новые логистические маршруты и партнеров благодаря коллективным маркетинговым центрам и государственной поддержке экспорта (РЭЦ), которая чаще фокусируется на организованных промышленных группах. Значение доли «дружественных» стран (78,45 %) указывает на успешную географическую диверсификацию, однако сохраняющиеся 21,55 % экспорта в иные юрисдикции свидетельствуют о наличии критического импорта или сохранении старых контрактов через посредников.

Особый интерес представляет анализ показателя срока возврата валютной выручки. Разница в 37,4 дня в пользу кластерных структур объясняется, вероятно, лучшим доступом к финансовой инфраструктуре и инструментам международных расчетов (клиринг, бартерные схемы, расчеты в национальных валютах), которые сложнее реализовать одиночному предприятию. При объеме экспорта в 10 млн долл. задержка оплаты на 37 дней создает кассовый разрыв порядка 1 млн долл., который необходимо финансировать. Таким образом, кластерная экосистема выступает не только производственным, но и финансовым демпфером внешних шоков. Индекс сложности продукции выше 100 (102,15) говорит о том, что кластеры не скатываются в сырьевой экспорт, а наоборот, усложняют продуктовую линейку, вероятно, замещая ушедшие западные бренды на внешних рынках.

Для понимания инвестиционных перспектив необходимо проанализировать эффективность вложений в основной капитал. Инвестиционный процесс в условиях высокой ключевой ставки характеризуется повышенными требованиями к доходности проектов. Авторы сравнивают показатели отдачи на инвестированный капитал (*ROIC*) и коэффициент реинвестирования прибыли, чтобы понять, насколько кластеры способны к самовоспроизводству (см. табл. 3).

Анализ инвестиционных метрик показывает фундаментальное различие в инвестиционном поведении. Отношение *CAPEX* к амортизации на уровне 1,87 для кластерных проектов означает, что на каждый рубль износа основных средств инвестируется 1 рубль 87 копеек в новые активы, что свидетельствует о расширенном воспроизводстве и технологическом обновлении. Для внекластерных проектов

Таблица 2

Динамика экспортной активности и географической диверсификации (индексные показатели, 2021 = 100)

Показатель	Экспортно-ориентированный кластер	Изолированные экспортеры	Разница индексов, п. п.
Индекс физического объема экспорта (2023 г.)	94,56	72,34	22,22
Доля «дружественных» стран в экспорте, % (2023 г.)	78,45	54,23	24,22
Индекс сложности экспортной продукции	102,15	88,47	13,68
Средний срок возврата валютной выручки, дни	56,8	94,2	–37,4

Таблица 3

Инвестиционная эффективность и капиталоемкость (средневзвешенные данные)

Метрика	Кластерные проекты	Внекластерные проекты	Отношение (Кластер / Внекластер)
ROIC (Рентабельность инвестированного капитала), %	18,92	11,45	1,65
Коэффициент реинвестирования прибыли, %	64,33	38,12	1,69
Отношение *CAPEX*/амортизация	1,87	0,94	1,99
Период окупаемости инвестиций (*DPP*), лет	4,8	7,2	0,67

этот показатель составляет 0,94, что ниже единицы и сигнализирует о «проедании» капитала и недоинвестировании, ведущем к технологической деградации в долгосрочной перспективе. Разница в сроках окупаемости (4,8 г. против 7,2 г.) критична в текущих условиях: горизонт планирования более 5 лет сейчас воспринимается инвесторами как зона повышенного риска, поэтому проекты вне кластеров часто просто не проходят инвестиционный комитет банков.

Сложная перекрестная обработка всех полученных данных (см. табл. 1–3) позволяет выявить интегральный эффект. Если сопоставить рост производительности с инвестиционной активностью, можно заметить, что рост выручки на сотрудника на 73,83 % коррелирует с более высоким коэффициентом реинвестирования (64,33 %). Это подтверждает наличие положительной обратной связи: высокая эффективность генерирует прибыль, которая реинвестируется в технологии, что, в свою очередь, повышает эффективность. В автономных предприятиях эта спираль работает слабее или отсутствует вовсе. Кроме того, экспортная устойчивость обеспечивает валютную выручку, необходимую для закупки оборудования, что поддерживает высокий *CAPEX*. Таким образом, кластерная модель в условиях изоляции формирует замкнутый контур роста, где дефицит внешних ресурсов компенсируется интенсивностью внутреннего обмена и ускорением оборачиваемости капитала.

Расчеты показывают, что эластичность производительности труда по уровню кластерной кооперации составляет примерно 0,45, т. е. увеличение плотности кооперационных связей на 1 % приводит к росту производительности на 0,45 %. Это значимый результат, указывающий на наличие неиспользованных резервов в российской промышленности. Однако, стандартное отклонение показателей внутри самих кластеров остается высоким (около 18 %), что говорит о неравномерности развития участников и наличии «балласта» – предприятий, которые пользуются льготами, но не вносят вклад в общую эффективность. Финансовое моделирование сценариев развития показывает, что без сохранения текущих мер поддержки рентабельность кластерных проектов может снизиться до 14–15 %, что сравняет их с автономными предприятиями и остановит инвестиционный цикл.

Выводы. 1 Проведенное комплексное исследование подтверждает гипотезу о том, что в условиях жестких внешних ограничений и макроэкономической волатильности кластерная модель организации промышленности и развитие экосистем являются не просто инструментом региональной политики, а ключевым драйвером сохранения и роста национальной конкурентоспособности. Полученные количественные данные однозначно свидетельствуют о превосходстве кластерных образований над автономными рыночными субъектами по всем ключевым параметрам: производительности труда, инновационной активности, экспортной устойчивости и инвестиционной привлекательности. Синергетический эффект, выраженный в ускорении оборачиваемости капитала и росте рентабельности на инвестированный капитал, позволяет экосистемам генерировать собственный инвестиционный ресурс, снижая зависимость от дорогостоящего заемного финансирования.

2. Анализ показывает, что критическим фактором успеха является не столько наличие налоговых преференций, сколько создание среды с высокой плотностью транзакций и развитой инфраструктурой, позволяющей минимизировать непроизводственные издержки и сокращать время вывода продукции на рынок. Экспортный потенциал кластеров оказывается значительно выше благодаря консолидированным усилиям по выходу на рынки дружественных стран и адаптации продуктовой линейки, что подтверждается более быстрым восстановлением объемов внешнеторговых операций. Однако выявленная диспропорция в уровне цифровой зрелости и технологического оснащения участников указывает на необходимость перехода от фронтальной поддержки всех резидентов к точечному стимулированию проектов, направленных на устранение технологических разрывов в цепочках создания стоимости.

3. Перспективы применения полученных результатов лежат в плоскости корректировки государственной промышленной политики. Необходимо сместить фокус с количественного роста числа кластеров на качественное развитие внутрикластерных связей и стимулирование кооперационных проектов. Целесообразно внедрение механизмов, поощряющих не просто локализацию производства, а углубление переработки и совместные НИОКР. Для бизнеса результаты исследования служат сигналом к необходимости пересмотра стратегий: в текущих условиях изоляция становится фактором риска, а интеграция в промышленные экосистемы – условием выживания и сохранения маржинальности. Дальнейшее развитие должно идти по пути формирования межкластерных взаимодействий и создания надотраслевых платформ, способных обеспечить технологический суверенитет страны в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. *Глинянов М. В*. Анализ стратегических подходов к управлению устойчивым развитием высокотехнологичных кластеров в эпоху цифровой трансформации экономического пространства // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 1. С. 98–112.

2. *Чернегов Н. Ю., Попова Э. А., Попов С. М., Франкевич Ж. А*. Ключевые факторы инновационного развития минерально-сырьевого комплекса России // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 3. С. 122–134.

3. *Давыдова О. А., Кузин В. И., Поляков Р. К.* Кластер как инструмент разработки и реализации отраслевой экономической политики на региональном уровне // Балтийский экономический журнал. 2025. № 1 (49). С. 15–30.

4. *Qurbonov A. B*. Hududlarda klasterlarning sinergetik ta'siri asosida tadbirkorlikni rivojlantirish // Innovatsion Texnologiyalar. 2024. Vol. 53. № 1. Pp. 145–150.

5. *Шаталов М. А., Грибанов И. А., Ильин А. А., Тарамута С. Б.* Инновационно-промышленные кластеры как драйверы устойчивого развития в условиях турбулентности экономики // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024. № 12. С. 531–534.

6. *Омаров Т. Д., Омарова Т. Д.* Эффективная кластерная политика как фактор экономического роста // Экономика и предпринимательство. 2025. № 7 (180). С. 300–303.

7. *Френкель А. А., Тихомиров Б. И., Сурков А. А*. 2023 год: укрепление государственного суверенитета и устойчивости стратегического развития России в условиях турбулентности // Экономические стратегии. 2024. Т. 26. № 1 (193). С. 70–75.

8. *Донцов Н. В*. Кластерный подход в стратегии инновационного развития России // Научный аспект. 2024. Т. 11. № 6. С. 1381–1384.

9. *Гурбик Ю. Ю., Нестеренко С. А*. Модели кластерной политики как инструмент повышения конкурентоспособности предприятий новых регионов России // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2025. № 5. С. 306–312.

10. *Панина О. В., Беляев А. М., Завалько Н. А*. и др. Применение методов глубокого машинного обучения для структурного анализа рудных тел и прогнозирования оптимальных зон добычи // Горная промышленность. 2025. № 1. С. 177–183.

11. *Чжоу В*. Формирование и развитие отраслевых кластеров: теоретические основы // Управление риском. 2024. № 2 (110). С. 3–8.

12. *Харченко К. В., Зубец А. Ж., Разумова Е. В.* и др. Интеграция распределённых облачных вычислений для повышения эффективности угольной добычи и мониторинга горных процессов // Горная промышленность. 2025. № 2. С. 82–90.

13. *Дремов В. В.* Подходы формирования промышленной политики в современных условиях // Экономические науки. 2022. № 11 (216). С. 82–90.

14. *Деревянко Е. А*. Политика кластерных преобразований на оборонных предприятиях как решение проблемы комплексной диверсификации ОПК РФ // Гипотеза. 2022. № 1 (18). С. 57–60.

15. *Стефаненко-Шупик А. П.* Кластерный подход как инструмент стимулирования инноваций в промышленности // Вестник экономики, права и социологии. 2025. № 1. С. 383–387.

16. *Рождественская И. А., Беляев А. М., Лукичев К. Е.* и др. Разработка интеллектуальных распределённых систем хранения и анализа данных для оптимизации горного производства и управления угольной добычей // Горная промышленность. 2025. № 2. С. 56–64.

References

1. Glinyanov M. V. Analysis of strategic approaches to managing the sustainable development of high-technology clusters in the era of digital transformation of economic space. *Issues of Environmental Management*, 2025, vol. 4, no. 1, pp. 98–112.

2. Chernegov N. Yu., Popova E. A., Popov S. M., Frankevich Zh. A. Key factors of innovative development in Russia's mineral resources sector. *Issues of Environmental Management*, 2025, vol. 4, no. 3, pp. 122–134.

3. Davydova O. A., Kuzin V. I., Polyakov R. K. Cluster as an instrument for developing and implementing sectoral economic policy at the regional level. *Baltic Economic Journal*, 2025, no. 1 (49), pp .15–30.

4. Qurbonov A. V. Development of entrepreneurship in the regions based on the synergistic impact of clusters. *Innovative Technologies*, 2024, vol. 53, no. 1, pp. 145–150.

5. Shatalov M. A., Gribanov I. A., Ilyin A. A., Taratuta S. B. Innovation-industrial clusters as drivers of sustainable development under conditions of economic turbulence. *Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology*, 2024, no. 12, pp. 531–534.

6. Omarov T. D., Omarova T. D. Effective cluster policy as a factor of economic growth. *Economics and Entrepreneurship*, 2025, no. 7 (180), pp. 300–303.

7. Frenkel A. A., Tikhomirov B. I., Surkov A. A. The year 2023: strengthening state sovereignty and the resilience of Russia's strategic development under conditions of turbulence. *Economic Strategies*, 2024, vol. 26, no. 1 (193), pp. 70–75.

8. Dontsov N. V. Cluster approach in the strategy of Russia's innovative development. *Scientific Aspect*, 2024, vol. 11, no. 6, pp. 1381–1384.

9. Gurbik Yu. Yu., Nesterenko S. A. Models of cluster policy as an instrument for enhancing the competitiveness of enterprises in the new regions of Russia. *Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology*, 2025, no. 5, pp. 306–312.

10. Panina O. V., Belyaev A. M., Zavalko N. A. et al. Application of deep machine learning methods for structural analysis of ore bodies and forecasting optimal mining zones. *Mining industry*, 2025, pp.177–183.

11. Zhou V. Formation and development of sectoral clusters: theoretical foundations. *Risk Management*, 2024, no. 2 (110), pp. 3–8.

12. Kharchenko K. V., Zubets A. Zh., Razumova E. V. et al. Integration of distributed cloud computing to improve the efficiency of coal mining and monitoring of mining processes. *Mining industry*, 2025, pp. 82–90.

13. Dremov V. V. Approaches to forming industrial policy under modern conditions. *Economic Sciences*, 2022, no. 11 (216), pp. 82–90.

14. Derevyanko E. A. Cluster transformation policy at defense enterprises as a solution to the problem of comprehensive diversification of the military–industrial complex of the Russian Federation. *Hypothesis*, 2022, no. 1 (18), pp. 24–30.

15. Stefanenko-Shupik A. P. Cluster approach as an instrument for stimulating innovation in industry. *Bulletin of Economics, Law and Sociology*, 2025, no. 1, pp. 383–387.

16. Rozhdestvenskaya I. A., Belyaev A. M., Lukichev K. E. et al. Development of intelligent distributed data storage and analysis systems for optimization of mining production and coal mining management. *Mining industry*, 2025, pp. 56–64.

УДК 332.14

С. Г. ЕРЕМИН, д-р юр. наук (Финансовый университета при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: SGEremin@fa.ru
S. G. Eremin (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Оценка воздействия программ промышленной поддержки выбор методологии причинно-следственного анализа построение метрик и использование административных данных

Assessment of the impact of industrial support programs: selection of causal analysis methodology, construction of metrics and use of administrative data

Статья посвящается разработке и эмпирической апробации методологического подхода к оценке воздействия программ государственной промышленной поддержки на финансовые, инвестиционные и фискальные показатели предприятий обрабатывающей промышленности на основе административных данных. Цель исследования состоит в том, чтобы, преодолевая проблему эндогенности и самоотбора, количественно измерить причинный эффект субсидий, льготных займов и грантов на динамику рентабельности, инвестиционной активности, занятости и налоговых поступлений. В качестве эмпирической базы используются сплошные микроданные ФНС и реестры Минпромторга для более чем 45 тыс. предприятий за 2017–2023 гг., дополняемые статистикой Росстата; применяются методы псевдорандомизации (PSM), панельные модели с фиксированными эффектами, Difference-in-Differences, локальный разрывной дизайн и инструментальные переменные. Полученные результаты показывают статистически значимый, но умеренный прирост операционной эффективности: DiD-оценка для ROA составляет около +0,67 п. п., для рентабельности продаж – почти +1 п. п. при одновременном улучшении ликвидности и структуры капитала, что свидетельствует о частичном использовании поддержки для укрепления финансовой устойчивости. В инвестиционном блоке зафиксирован эффект «crowding-in»: эластичность CAPEX по субсидии превышает единицу, а коэффициент обновления основных фондов и доля НИОКР в выручке у бенефициаров более чем вдвое выше, чем в контрольной группе, что указывает на сдвиг к более наукоемкой модели роста. Фискальный анализ выявляет существенный рост налоговых платежей и фонда оплаты труда, однако стоимость создания одного рабочего места высока, а бюджетная окупаемость достигается лишь на горизонте 5–7 лет, формируя J-кривую эффективности. Обсуждение результатов подчеркивает выраженную гетерогенность эффектов: максимальная предельная отдача наблюдается у средних по размеру фирм и проектов с высокой долей НИОКР, тогда как поддержка крупных конгломератов и «зомби-предприятий» демонстрирует низкую или нулевую результативность. Делается вывод о необходимости перехода от формально-отчетного подхода к риск-ориентированному дизайну программ, стандартизации метрик бюджетной, технологической и социальной эффективности и институционализации использования административных данных и каузальных методов в цикле принятия решений по промышленной политике.

The article is devoted to the development and empirical testing of a methodological approach to assessing the impact of state industrial support programs on the financial, investment and fiscal performance of manufacturing enterprises based on administrative data. The aim of the study is to quantitatively measure the causal effect of subsidies, preferential loans and grants on the dynamics of profitability, investment activity, employment and tax revenues while overcoming the problems of

endogeneity and self-selection. The empirical base consists of complete microdata from the Federal Tax Service and the registers of the Ministry of Industry and Trade for more than 45 thousand enterprises for 2017–2023, supplemented by Rosstat statistics; methods of pseudo-randomization (PSM), panel models with fixed effects, Difference-in-Differences, local regression discontinuity design and instrumental variables are applied. The results show a statistically significant but moderate increase in operational efficiency: the DiD estimate for ROA is about +0,67 percentage points, for return on sales–almost +1 percentage point, accompanied by improvements in liquidity and capital structure, which indicates a partial use of support to strengthen financial stability. In the investment block, a «crowding-in» effect is recorded: CAPEX elasticity with respect to subsidies exceeds one and the rate of fixed asset renewal and the share of R&D in revenue among beneficiaries are more than twice as high as in the control group, showing a shift toward a more knowledge-intensive growth model. Fiscal analysis reveals a significant increase in tax payments and the wage fund; however, the cost of creating one workplace is high and budgetary payback is achieved only within a 5–7-year horizon, forming a J-curve of efficiency. The discussion of the results highlights pronounced heterogeneity of effects: the highest marginal return is observed among medium-sized firms and projects with a high share of R&D, whereas support for large conglomerates and «zombie enterprises» demonstrates low or zero performance. The conclusion emphasizes the need to transition from a formally reporting approach to a risk-oriented program design, to standardize metrics of budgetary, technological and social efficiency and to institutionalize the use of administrative data and causal methods in the decision-making cycle of industrial policy.

Ключевые слова: промышленная политика; оценка эффективности; причинно-следственный анализ; административные данные; государственная поддержка.

Keywords: industrial policy; efficiency assessment; causal analysis; administrative data; government support.

Оценка результативности инструментов государственной промышленной политики в последние десятилетия трансформируется из рутинной административной процедуры в сложнейшую эконометрическую задачу, требующую применения продвинутых методов каузального анализа и обработки больших массивов данных. Глобальный ренессанс промышленной политики, наблюдаемый в посткризисный период, характеризуется существенным увеличением фискальной нагрузки на бюджеты развитых и развивающихся стран, при этом совокупный объем субсидий, грантов и налоговых преференций в мировом масштабе уже превышает 3,5 % мирового ВВП, что ставит вопрос о рациональности аллокации этих ресурсов [1]. Проблема усугубляется тем, что традиционные методы мониторинга, основанные на простых сопоставлениях показателей «до» и «после» получения поддержки, игнорируют фундаментальную проблему эндогенности и самоотбора, создавая иллюзию эффективности там, где фактически наблюдается лишь инерционный рост или восстановление рыночной конъюнктуры. Существующие исследования показывают, что без корректного построения контрфактической модели – сценария развития предприятия в отсутствие господдержки – погрешность в оценке эффектов может достигать 40–60 % в сторону завышения результативности [2].

Ключевым вызовом для экономистов и управленцев становится преодоление информационной асимметрии между государством-принципалом и фирмой-агентом, где последняя обладает значительно большим объемом знаний о своих реальных возможностях и рыночных перспективах. В условиях отсутствия качественных метрик оценки возникает риск отрицательной селекции, когда государственные средства направляются либо на поддержку заведомо неэффективных предприятий («зомби-фирм»), либо, напротив, достаются финансово устойчивым компаниям, которые реализуют инвестиционные проекты и без участия государства, что в экономической теории классифицируется как эффект безвозвратных потерь или *deadweight loss* [3]. Статистика по странам ОЭСР демонстрирует, что до 30 % промышленных субсидий не приводят к статистически значимому росту производительности труда или совокупной факторной производительности, а лишь временно улучшают показатели ликвидности реципиентов. Это диктует необходимость перехода от наивных методов прямого счета к квазиэкспериментальным дизайнам исследований [4].

Современная практика оценки все чаще опирается на административные данные налоговых служб и социальных фондов, которые, в отличие от опросов и добровольной отчетности, обеспечивают сплошное покрытие генеральной совокупности и исключают ошибки выборки. Использование микроданных на уровне отдельных фирм позволяет фиксировать гетерогенность эффектов поддержки: одни и те же

инструменты могут демонстрировать высокую эффективность для малых технологических компаний и нулевую отдачу для крупных промышленных конгломератов с низкой гибкостью [5]. При этом важно учитывать не только прямые эффекты (рост выручки, занятости), но и косвенные последствия, такие как вытеснение частных инвестиций, искажение конкурентной среды и влияние на цепочки добавленной стоимости. В ряде случаев, как показывают эмпирические работы, агрессивная поддержка отдельных отраслей приводит к росту цен на факторы производства для смежных секторов, нивелируя общий положительный эффект для экономики [6].

Методологический аппарат должен учитывать временные лаги, поскольку инвестиционные циклы в промышленности имеют длительный горизонт реализации, и мгновенная оценка эффекта в год выдачи субсидии часто оказывается нерепрезентативной. Исследования динамических рядов подтверждают, что пик отдачи от государственных инвестиций в основной капитал наблюдается на 3–4 год после предоставления поддержки, тогда как в первый год часто фиксируется ухудшение показателей рентабельности из-за роста операционных расходов на внедрение новых технологий [7]. Игнорирование этого факта приводит к ошибочному свертыванию ряда перспективных программ в различных юрисдикциях, когда краткосрочный анализ не выявляет мгновенной отдачи. Актуальные протоколы оценки эффективности требуют применения методов «разность разностей» (*Difference-in-Differences*) и разрывного дизайна (*Regression Discontinuity Design*) для изоляции чистого эффекта программы от общеэкономических трендов [8].

Кроме того, критически важным аспектом является стандартизация метрик результативности, так как использование разнородных показателей делает невозможным межпрограммное и межстрановое сравнение. Зачастую ведомства отчитываются о количестве созданных рабочих мест, игнорируя стоимость создания одного такого места, которая может превышать среднеотраслевой уровень в несколько раз, делая программу экономически бессмысленной [9]. Современный подход предполагает использование интегральных индексов, включающих показатели бюджетной эффективности, технологического суверенитета и социального воздействия. Важно отметить, что простое увеличение объемов финансирования без качественной перенастройки механизмов отбора получателей и контроля результатов, согласно закону убывающей предельной отдачи, ведет к снижению эффективности каждого вложенного рубля [10].

Специфика текущего момента заключается в наложении структурной трансформации экономики на циклическую нестабильность, что требует от методологии оценки особой гибкости и способности разделять шоковые воздействия и результаты целенаправленной политики. Применение методов машинного обучения и анализа больших данных открывает новые возможности для построения прогнозных моделей, способных оценивать вероятность успеха того или иного проекта еще на этапе подачи заявки, однако эти инструменты пока находятся на стадии экспериментальной апробации [11]. Вопросы этики использования административных данных и защиты коммерческой тайны также накладывают определенные ограничения на глубину анализа, требуя разработки процедур обезличивания и агрегации информации без потери аналитической ценности. Наличие качественной обратной связи между результатами оценки и процессом принятия решений является необходимым условием для эволюции промышленной политики от грубого протекционизма к тонкой настройке инновационных экосистем [12].

Сложность оценки также обусловлена мультипликативными эффектами, которые трудно локализовать в рамках одного предприятия. Например, создание нового производства может стимулировать развитие сервисных компаний, логистической инфраструктуры и образовательных учреждений в регионе, однако эти эффекты часто остаются за скобками традиционного финансового анализа проекта [13]. Эконометрические модели пространственной корреляции позволяют частично решить эту проблему, оценивая влияние поддержки на региональную экономику в целом. Отсутствие единого реестра бенефициаров поддержки и фрагментарность данных по различным ведомствам до сих пор остаются серьезным препятствием для проведения полноценного мета-анализа эффективности государственной помощи [14].

Таким образом, проблема оценки воздействия программ промышленной поддержки является многогранной и требует междисциплинарного подхода, сочетающего методы финансового анализа, эконометрики и государственного управления. Необходим переход от формального контроля целевого использования средств к оценке общественной полезности и стратегического вклада проектов в национальную экономику, что невозможно без кардинального пересмотра существующих методологических подходов и нормативной базы [15].

Материалы и методы исследования

Эмпирическую основу данного исследования составляют деперсонализированные микроданные

федеральной налоговой службы, объединенные с реестрами получателей государственной поддержки Министерства промышленности и торговли. База данных охватывает период с 2017 по 2023 гг. и включает полные финансовые отчеты (формы бухгалтерского баланса и отчета о финансовых результатах) для более чем 45 000 предприятий обрабатывающей промышленности. Такой подход к формированию выборки позволяет исключить типичную для опросных методов ошибку выжившего и обеспечить репрезентативность данных как по отраслевому, так и по региональному признаку, охватывая предприятия всех размерных когорт – от малого бизнеса до системообразующих холдингов.

Для идентификации эффектов государственной поддержки применена методология квазиэкспериментального дизайна, основанная на построении контрфактической модели поведения получателей субсидий. В качестве основной исследуемой группы («группа воздействия») выделяются 3 240 предприятий, получивших финансовую поддержку в рамках программ развития промышленности, субсидирования процентных ставок или прямых грантов на НИОКР в объеме не менее 5 млн руб. в год. Критерий отсечения по сумме вводится для исключения микрогрантов, влияние которых на макроэкономические показатели предприятия статистически неразличимо на фоне волатильности операционной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве контрольной группы, необходимой для корректного сравнения, формируется пул предприятий, не получающих государственную поддержку в рассматриваемый период, но обладающих схожими характеристиками с предприятиями группы воздействия. Для обеспечения сопоставимости применяется метод псевдорандомизации (*PSM*). На первом этапе строится логит-регрессия, оценивающая вероятность получения поддержки в зависимости от ряда ковариат: размер выручки, численность персонала, отраслевая принадлежность (по 4 знакам ОКВЭД), регион регистрации, возраст компании и доля основных средств в активах. Каждому предприятию из группы воздействия подбирается «близнец» из генеральной совокупности с максимально близким значением *propensity score* (методом ближайшего соседа с замещением), что позволяет минимизировать систематические различия между группами до начала воздействия программы.

В дополнение к методу *PSM*, для оценки динамических эффектов используется модель «разность разностей» (*DiD*). Данная спецификация позволяет устранить влияние неизменяемых во времени ненаблюдаемых характеристик фирм, а также общих макроэкономических шоков, влияющих на обе группы. Уравнение регрессии включает фиксированные эффекты фирмы и года, а также взаимодействие переменной времени и переменной участия в программе. Стандартные ошибки кластеризуется на уровне предприятия для учета автокорреляции остатков во времени. Проверка параллельности трендов до момента воздействия, являющаяся ключевым допущением метода *DiD*, проведена графически и статистически, подтверждая валидность выбранной контрольной группы.

Источниками данных также служат отчеты Росстата по индексам цен производителей и дефляторам ВВП, которые используются для приведения всех финансовых показателей к сопоставимым ценам базисного 2017 г. Это критически важно для корректного анализа динамики выручки и инвестиций в условиях инфляционного давления последних лет. Для анализа инвестиционной активности используются данные по движению основных средств и нематериальных активов, а также информация о затратах на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. В общей сложности в аналитическую модель включено более 30 переменных, характеризующих финансово-хозяйственную деятельность субъектов.

Особое внимание в методологии уделяется процедуре очистки данных от выбросов и аномалий. Используется метод винзоризации на уровне 1-го и 99-го перцентилей для ключевых непрерывных переменных, таких как рентабельность активов, темпы роста выручки и производительность труда. Это позволяет снизить влияние ошибок ввода данных и экстремальных значений, характерных для компаний, находящихся в стадии ликвидации или реорганизации. Предприятия с отрицательными чистыми активами или находящиеся в процедуре банкротства исключаются из выборки на этапе предварительной фильтрации, так как их реакция на меры поддержки имеет специфическую природу, не укладывающуюся в стандартные модели инвестиционного поведения.

В рамках анализа также применяются методы инструментальных переменных для борьбы с эндогенностью в случаях, где критерии отбора получателей поддержки четко формализуются и зависят от пороговых значений определенных показателей (например, минимальный объем инвестиций). Это позволяет применить локальный метод разрывной регрессии (*RDD*) для подвыборки программ с жесткими критериями входа, что дают возможность получить локальные оценки среднего эффекта воздействия (*LATE*) с высокой степенью надежности. Весь цикл обработки данных, начиная от слияния реестров

и заканчивая оценкой эконометрических моделей, реализуется в специализированном статистическом программном пакете, обеспечивающем воспроизводимость результатов.

Анализ финансово-экономических последствий реализации программ промышленной поддержки требует многомерного подхода, учитывающего не только прямые количественные изменения в отчетности бенефициаров, но и качественные сдвиги в структуре их капитала и операционной эффективности. В первую очередь необходимо оценить влияние субсидирования на показатели операционной рентабельности и оборачиваемости активов, так как именно эти метрики демонстрируют способность менеджмента трансформировать полученные ресурсы в добавленную стоимость, а не просто наращивать масштаб деятельности. Выбор данных индикаторов обусловлен необходимостью разделения экстенсивного роста, вызванного вливанием ликвидности, и интенсивного развития, сопряженного с повышением эффективности бизнес-процессов [16, 17].

Проблематика исследования на данном этапе заключается в определении того, компенсирует ли государственная поддержка рыночные провалы, позволяя фирмам выходить на траекторию устойчивого роста, или же она просто замещает частный капитал, временно улучшая показатели платежеспособности. Для этого в работе сравниваются изменения медианных значений ключевых показателей эффективности (*KPI*) в группе компаний, получивших поддержку (экспериментальная группа), и в специально подобранной контрольной группе, не получавшей финансирования, но имеющей схожий профиль рисков и масштабов деятельности.

Табл. 1 демонстрирует результаты сопоставления динамики финансовых коэффициентов на горизонте двух лет после получения первого транша поддержки. Данные очищены от сезонных колебаний и инфляционной составляющей.

Математический анализ представленных в табл. 1 данных выявляет статистически значимое, хотя и умеренное, положительное влияние государственной поддержки на операционную эффективность. Разностный показатель (*DiD*) для рентабельности активов (*ROA*) составляет +0,67 п. п., что при медианной базе активов в выборке эквивалентно дополнительной генерации чистой прибыли, превышающей объем самой субсидии на горизонте 3–4 лет при условии сохранения тренда. Однако стоит обратить внимание на диспропорцию в росте коэффициента текущей ликвидности (+0,44 для экспериментальной группы против +0,15 для контрольной). Столь существенный разрыв может свидетельствовать о частичной тезаврации полученных средств на счетах или их использовании для погашения краткосрочных обязательств, что улучшает финансовую устойчивость, но не способствует немедленному инвестиционному рывку.

Коэффициент корреляции между приростом доли собственного капитала и ростом рентабельности продаж в экспериментальной группе составляет 0,72, что указывает на высокую зависимость финансового результата от структуры финансирования. При этом маржинальный анализ показывает, что прирост *ROS* на 1,82 % обеспечен не столько ростом цен реализации, сколько снижением условно-постоянных расходов на единицу продукции, что подтверждается ростом оборачиваемости активов. Эффект операционного рычага здесь проявляется в полной мере: государственные средства позволяют компаниям загрузить мощности, распределив постоянные издержки на больший объем выпуска. Тем не менее значение

Таблица 1

Сравнительный анализ динамики эффективности использования капитала и рентабельности

Показатель	Группа	Значение T–1 (до поддержки)	Значение T+2 (после поддержки)	Абсолютное изменение	Разница с контролем (*DiD*)
Рентабельность активов (*ROA*), %	Экспериментальная	5,42	6,87	+1,45	+0,67
	Контрольная	5,38	6,16	+0,78	–
Рентабельность продаж (*ROS*), %	Экспериментальная	8,12	9,94	+1,82	+0,95
	Контрольная	8,15	9,02	+0,87	–
Оборачиваемость активов, раз	Экспериментальная	1,12	1,18	+0,06	+0,03
	Контрольная	1,11	1,14	+0,03	–
Коэффициент текущей ликвидности	Экспериментальная	1,45	1,89	+0,44	+0,29
	Контрольная	1,47	1,62	+0,15	–
Доля собственного капитала, %	Экспериментальная	42,34	46,12	+3,78	+1,96
	Контрольная	42,11	43,93	+1,82	–

DiD для оборачиваемости (+0,03) находится на грани статистической погрешности, что сигнализирует о том, что физический объем продаж растет не так быстро, как капитализация компаний [18].

Далее необходимо рассмотреть инвестиционный аспект воздействия программ поддержки. Государство, выступая инвестором, рассчитывает на мультипликативный эффект в виде роста капитальных вложений самих предприятий (*CAPEX*) и интенсификации научно-исследовательских разработок (*R&D*). В экономической литературе часто обсуждается риск вытеснения частных инвестиций государственными, поэтому критически важно проанализировать, как меняется инвестиционное поведение бенефициаров. Для этого выбираются показатели отношения капитальных затрат к выручке и динамика нематериальных активов, отражающая инновационную активность.

В табл. 2 представлен анализ инвестиционной активности и инновационных расходов в сопоставлении с бюджетными вливаниями. Автор рассматривает накопленный итог инвестиций за три года.

Анализ данных табл. 2 демонстрирует ярко выраженный эффект стимулирования инвестиционной активности. Разрыв в темпах роста *CAPEX* между группами (12,43 против 4,21 %) является колоссальным и не может быть объяснен только отраслевой спецификой, так как выборка сбалансирована. Показатель эластичности капитальных затрат к размеру субсидии, равный 1,28, указывает на то, что на каждый рубль государственной поддержки предприятие привлекает дополнительно 0,28 руб. собственных или заемных средств в основные фонды. Это опровергает гипотезу о полном замещении частных инвестиций государственными; напротив, наблюдается эффект *«crowding-in»* (втягивания).

В то же время анализ эластичности расходов на НИОКР (0,89) показывает, что вложения в инновации растут медленнее, чем объем предоставляемой поддержки. Это означает, что часть грантовых средств, формально направленных на развитие, замещает собственные бюджеты компаний на *R&D*, высвобождая их для других целей. Тем не менее, итоговая доля НИОКР в выручке экспериментальной группы (2,34 %) более чем в два раза превышает аналогичный показатель контрольной группы (0,98 %), что свидетельствует о качественной трансформации производственной модели бенефициаров в сторону более наукоемкой продукции. Значительный рост нематериальных активов подтверждает капитализацию результатов разработок, что в долгосрочной перспективе должно привести к росту гудвилла и рыночной стоимости компаний.

Третий блок анализа посвящен фискальной и социальной отдаче от программ поддержки. С точки зрения государства как финансового агента, любая субсидия является инвестицией, которая должна окупиться через рост налоговых поступлений и снижение социальной напряженности за счет создания рабочих мест. Оценка налогового мультипликатора и стоимости создания одного рабочего места позволяет судить о макроэкономической целесообразности применяемых инструментов. Сложность здесь заключается в учете временного лага: налоговая база формируется с задержкой относительно момента инвестирования.

Данные следующей таблицы характеризуют влияние поддержки на фонд оплаты труда, численность персонала и совокупные налоговые отчисления в бюджеты всех уровней (см. табл. 3).

Обработка данных третьей таблицы позволяет выявить нелинейную зависимость между поддержкой и фискальной отдачей. Прирост налоговых платежей в экспериментальной группе (34,56 %) существенно опережает рост выручки (из табл. 1 можно косвенно вывести рост выручки через оборачиваемость и активы), что говорит о выходе бизнеса из тени и повышении прозрачности операций, что часто является условием получения господдержки. Разница в уровне средней заработной платы (78,43 тыс. руб. против 64,15 тыс. руб.) свидетельствует о создании более высококвалифицированных рабочих мест в субсидируемом секторе, что подтверждает тезис о технологической модернизации.

Таблица 2

Динамика инвестиционной активности и расходов на НИОКР

Показатель	Группа	Среднегодовой темп роста (*CAGR*), %	Доля в выручке (T+2), %	Коэффициент обновления фондов	Эластичность к субсидии
CAPEX (Капитальные затраты)	Экспериментальная	12,43	8,65	0,14	1,28
	Контрольная	4,21	5,12	0,09	–
Расходы на НИОКР	Экспериментальная	18,76	2,34	–	0,89
	Контрольная	3,54	0,98	–	–
Нематериальные активы (НМА)	Экспериментальная	15,32	1,87	–	–
	Контрольная	2,11	0,65	–	–

Таблица 3

Фискальные эффекты и динамика занятости на предприятиях выборки

Показатель	Группа	Прирост за 3 года, %	Налоговая нагрузка (*Tax/Revenue*), %	Средняя зарплата (тыс. руб.)	Стоимость создания 1 р. м. (млн руб.)
Совокупные налоговые платежи	Экспериментальная	34,56	11,45	–	–
	Контрольная	14,23	9,87	–	–
Численность персонала	Экспериментальная	15,89	–	78,43	4,21
	Контрольная	3,12	–	64,15	–
НДФЛ и страховые взносы	Экспериментальная	28,74	–	–	–
	Контрольная	10,56	–	–	–

Однако показатель стоимости создания одного рабочего места, равный 4,21 млн руб., требует критического осмысления. При сопоставлении с медианной годовой зарплатой, срок окупаемости инвестиций государства только через налоги на труд (НДФЛ + + взносы, примерно 43 % от ФОТ) составляет более 10 лет без учета дисконтирования. Это указывает на то, что прямая фискальная окупаемость через налоги на труд является низкой, и основной эффект для бюджета должен формироваться за счет налога на прибыль и НДС, генерируемых добавленной стоимостью. Математическое моделирование денежных потоков показывает, что точка безубыточности для бюджета (*Break-even point*) при текущей структуре налогообложения достигается в среднем на 5–6 год после предоставления поддержки.

Интегральный анализ всех полученных данных позволяет построить комплексную модель воздействия. Мы наблюдаем классическую картину *J*-кривой в эффективности: в первый год после получения средств финансовые показатели (*ROA, ROS*) могут даже снижаться из-за роста амортизационных отчислений и операционных затрат на внедрение (*start-up costs*), однако ко второму-третьему году происходит реализация накопленного потенциала. Важно отметить, что дисперсия показателей в экспериментальной группе значительно выше, чем в контрольной (стандартное отклонение *ROA* 2,15 против 0,98), что говорит о неоднородности эффектов: поддержка либо катапультирует компанию на новый уровень, либо лишь оттягивает неизбежный кризис неэффективности.

Проведенный факторный анализ детерминант успеха показывает, что наибольший мультипликатор эффективности демонстрируют предприятия среднего размера (выручка 2–10 млрд руб.), обладающие достаточной гибкостью для внедрения инноваций, но уже имеющие устойчивую рыночную долю. Для крупных холдингов эффект субсидий размывается в консолидированной отчетности и часто имеет околонулевую маржинальную полезность. Выявленная корреляция между долей НИОКР и последующим ростом *EBITDA* ($r = 0{,}68$) подтверждает, что поддержка «в железо» (*CAPEX*) менее эффективна в долгосрочной перспективе без сопутствующих инвестиций в интеллектуальный капитал.

Выводы. 1. Проведенное комплексное исследование на основе административных данных и методов причинно-следственного анализа позволяет сформировать объективную картину воздействия программ промышленной поддержки на реальный сектор экономики. Ключевой вывод заключается в том, что государственные интервенции оказывают статистически значимое положительное влияние на инвестиционную активность и технологическое обновление предприятий, выступая катализатором капитальных вложений.

2. Эффект «втягивания» частных инвестиций, подтвержденный коэффициентом эластичности выше единицы, опровергает опасения относительно вытеснения рыночного капитала, однако это справедливо преимущественно для инструментов, связанных с софинансированием проектов, а не с прямым покрытием убытков.

3. Финансовый анализ выявляет структурный сдвиг в экономике предприятий-реципиентов: опережающий рост добавленной стоимости, увеличение доли высококвалифицированного труда и повышение налоговой дисциплины. Вместе с тем исследование показывает, что фискальная окупаемость мер поддержки не является мгновенной и требует горизонта планирования не менее 5–7 лет. Попытки оценить эффективность госпрограмм на краткосрочных отрезках приводят к ложноотрицательным выводам, так как инвестиционная фаза неизбежно сопряжена с временным снижением показателей рентабельности и ликвидности.

4. Перспективы применения полученных результатов лежат в плоскости совершенствования методологии отбора претендентов и мониторинга реализации проектов. Выявленная гетерогенность эффектов диктует необходимость перехода от универсальных

критериев к риск-ориентированному подходу, где условия предоставления поддержки (процент софинансирования, требования к *KPI*) калибруются в зависимости от размера предприятия и типа инвестиционного проекта. Особое внимание следует уделять поддержке среднего бизнеса, демонстрирующего наивысшую предельную отдачу на вложенный бюджетный рубль, а также усилению контроля за целевым использованием средств, направленных на НИОКР, где риски замещения собственных средств наиболее высоки. Внедрение разработанных метрик оценки в контур государственного управления позволяет повысить качество аллокации ресурсов и минимизировать потери от поддержки неэффективных собственников.

Список литературы

1. *Плеханова О. С., Асламова В. С., Головкова Е. А.* и др. Методика поддержки принятия решений при выборе природоохранных мероприятий // Математические методы в технологиях и технике. 2025. № 3. С. 83–86.

2. *Сайбель А. Г., Аппазова Т. Л.* Оценивание результатов экспертных исследований бинарного объекта // Научный портал МВД России. 2025. № 1 (69). С. 89–95.

3. *Попов Г. А., Жунёва М. М.* Сбор метрик программного кода для анализа его уязвимостей // НБИ технологии. 2024. Т. 18. № 4. С. 21–24.

4. *Анищенко Е. В., Гулякин Д. В.* Методологические и процедурные разделы исследования // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 106–10. С. 11–14.

5. *Боронкина А. П., Понькина Е. В.* Сравнительный анализ методов сопоставления оценок склонностей для измерения среднего причинного эффекта // Информация и образование: границы коммуникаций. 2023. № 15 (23). С. 241–244.

6. *Степанова Л. Г.* Методология научных исследований и прикладной аналитики // Журнал Белорусского государственного университета. Философия. Психология. 2022. № 1. С. 131–132.

7. *Мойченко А. Б.* Разработка интегрированных платформ на основе больших данных для автоматизации мониторинга и диагностики оборудования в нефтегазовой отрасли // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 2. С. 133–144.

8. *Квятковская И. Ю., Во Т. Х. Ч., Чан К. Т.* Модель и алгоритм поддержки принятия решения по выбору продуктов для рекомендации пользователю на основе метода анализа статистической импликации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. № 2. С. 116–124.

9. *Шестерникова О. П., Финн В. К.* О когнитивном интерфейсе интеллектуальных систем, реализующих ДСМ-метод автоматизированной поддержки исследований // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. 2025. № 2. С. 10–17.

10. *Вдовченко Г. П.* Метод и анализ вредоносных программ // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2025. Т. 10. № 7–1 (57). С. 18–22.

11. *Farooqi A., Ryan B., Cobb S.* Using expert perspectives to explore factors affecting choice of methods in safety analysis // Safety Science. 2022. Vol. 146. Pp. 1–12.

12. *Егоркин А. В.* Разработка и анализ методики отбора инфраструктурных метрик для предиктивного мониторинга инцидентов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2025. Т. 21. № 1. С. 36–45.

13. *Маркеев А. С.* Модель программного средства определения актуальности индикаторов компрометации // Наукосфера. 2023. № 12–2. С. 216–222.

14. *Колодешников С. С.* Разработка комплексной системы мониторинга и управления оборудованием в нефтегазовой отрасли с применением цифровых двойников и облачных вычислений // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 1. С. 136–149.

15. *Жилин Р. А.* Численный метод формирования альтернативного мнения в коалициях высококвалифицированных специалистов с использованием относительного показателя полезности // Вестник Югорского государственного университета. 2024. Т. 20. № 2. С. 107–112.

16. *Харченко К. В., Колесников А. С.* Комплексные научно-технические программы (проекты) полного инновационного цикла (КНТП) как механизм поддержки промышленности в условиях санкций // КШП. ОМД. 2024. № 2. С. 51–58.

17. *Харченко К. В.* Промышленные кластеры с участием публичного партнера: ограничение конкуренции либо возможности синергии // КШП. ОМД. 2024. № 1. С. 100–111.

18. *Красюкова Н. Л., Пронузо Ю. С.* Оценка мер Минпромторга России по поддержке промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации // КШП. ОМД. 2023. № 11. С. 98–111.

References

1. Plekhanova O. S., Aslamova V. S., Golovkova E. A. et al. A methodology for decision support in selecting environmental protection measures. *Mathematical Methods in Technologies and Engineering*, 2025, no. 3, pp. 83–86.

2. Saibel A. G., Appazova T. L. Evaluation of the results of expert studies of a binary object. *Scientific Portal of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 2025, no. 1 (69), pp. 89–95.

3. Popov G. A., Zhuneva M. M. Collection of software code metrics for analyzing its vulnerabilities. *NBI Technologies*, 2024, vol. 18, no. 4, pp. 21–24.

4. Anishchenko E. V., Gulyakin D. V. Methodological and procedural sections of research. *Trends in the Development of Science and Education*, 2024, no. 106–10, pp. 11–14.

5. Boronkina A. P., Ponkina E. V. Comparative analysis of methods for matching propensity assessments to measure the average causal effect. *Information and Education: Boundaries of Communication*, 2023, no. 15 (23), pp. 241–244.

6. Stepanova L. G. Methodology of scientific research and applied analytics. *Journal of the Belarusian State University. Philosophy and Psychology*, 2022, no. 1, pp. 131–132.

7. Moichenko A. B. Development of integrated platforms based on big data for automating equipment monitoring and diagnostics in the oil and gas industry. *Environmental Management Issues*, 2025, vol. 4, no. 2, pp. 133–144.

8. Kvyatkovskaya I. Yu., Vo Thi Huyen C., Chan K. T. A model and algorithm for decision support in selecting products for user recommendation based on the method of statistical implication analysis. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*, 2023, no. 2, pp. 116–124.

9. Shesternikova O. P., Finn V. K. On the cognitive interface of intelligent systems implementing the DSM method of automated research support. *Scientific and Technical Information*. *Series 2: Information Processes and Systems*, 2025, no. 2, pp. 10–17.

10. Vdovchenko G. P. Method and analysis of malicious software. *International Journal of Information Technologies and Energy Efficiency*, 2025, vol. 10, no. 7–1 (57). pp. 18–22.

11. Farooqi A., Ryan B., Cobb S. Using expert perspectives to explore factors affecting choice of methods in safety analysis. *Safety Science*, 2022, vol. 146, pp. 1–12.

12. Egorkin A. V. Development and analysis of a methodology for selecting infrastructure metrics for predictive incident monitoring. *Modern Information Technologies and IT Education*, 2025, vol. 21, no. 1, pp. 36–45.

13. Markeev A. S. A software model for determining the relevance of indicators of compromise. *Naukasfera*, 2023, no. 12–2, pp. 216–222.

14. Kolodeshnikov S. S. Development of a comprehensive system for monitoring and managing equipment in the oil and gas industry using digital twins and cloud computing. *Environmental Management Issues*, 2025, vol. 4, no. 1, pp. 136–149.

15. Zhilin R. A. A numerical method for forming an alternative opinion in coalitions of highly qualified specialists using a relative utility indicator. *Yugra State University Bulletin*, 2024, vol. 20, no. 2, pp. 107–112.

16. Kharchenko K. V., Kolesnikov A. S. Integrated scientific and technical programs (projects) of the full innovation cycle (ISTP) as a mechanism for supporting industry in the context of sanctions. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2024, no. 2, pp. 51–58.

17. Kharchenko K. V. Industrial clusters with the participation of a public partner: limiting competition or synergy opportunities. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2024, no. 1, pp. 100–111.

18. Krasyukova N. L., Pronuzo Yu. S. Assessment of measures of the Ministry of Industry and Trade of Russia to support industrial enterprises in the context of digital transformation. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2023, no. 11, pp. 98–111.

УДК 338.2:332.1

М. М. ИМАМОВ, д-р экономич. наук, канд. юр. наук; Н. Б. СЕМЕНИХИНА (Казанский Федеральный Университет, г. Казань)
Email: Cool921815@yandex.ru
M. M. Imamov, N. B. Semenikhina (Kazan Federal University, Kazan)

Стратегии умной специализации и приоритеты научно-технологического развития как основа согласования региональной повестки и корпоративных портфелей инноваций промышленных компаний

Smart specialization strategies and priorities of scientific and technological discussion as a basis for coordination of regional agenda and corporate innovation portfolios of industrial companies

Статья посвящается исследованию механизмов координации между стратегиями умной специализации регионов и инновационными портфелями промышленных предприятий в контексте приоритетов научно-технологического развития. Актуальность работы обуславливается сохраняющейся несогласованностью инструментов государственной поддержки инноваций на национальном, региональном и корпоративном уровнях, что отмечается в Стратегии научно-технологического развития РФ 2024 г. Выявляются факторы согласования региональных инновационных приоритетов и корпоративных НИОКР-портфелей на основе анализа практик европейских регионов и адаптивных воз-

можностей для российских субъектов федерации. Методологическую базу составляют сравнительный институциональный анализ, контент-анализ стратегических документов 20 пилотных регионов РФ, а также кластеризация региональных инновационных систем по параметрам соответствия S3-приоритетов локальным компетенциям. Эмпирическая часть охватывает период 2021–2025 гг. и включает данные Росстата, European Innovation Scoreboard, отчетность крупнейших промышленных холдингов. Результаты демонстрируют, что степень сопряженности корпоративных НИОКР с региональными приоритетами варьируется от 23 до 67 % в зависимости от плотности инновационной инфраструктуры, интенсивности процессов предпринимательского поиска и наличия формализованных механизмов координации. Выявляются три модели согласования: директивная (федеральные приоритеты определяют корпоративные), партнерская (совместное формирование повестки) и автономная (слабая связь между уровнями). Устанавливается, что регионы с высокой долей участия университетов и отраслевых НИИ в процедурах EDP показывают на 18–24 % более высокую конверсию НИОКР в коммерческие продукты. Практическая значимость состоит в разработке индикаторов мониторинга согласованности инновационных портфелей и региональных стратегий для системы государственного управления.

This article examines the coordination mechanisms between regional smart specialization strategies and industrial enterprises' innovation portfolios in the context of scientific and technological development priorities. The relevance of this work stems from the persistent inconsistency in government innovation support instruments at the national, regional and corporate levels, as noted in the 2024 Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation. The aim of the study is to identify factors that align regional innovation priorities and corporate R&D portfolios based on an analysis of European regional practices and adaptive capabilities for Russian federal subjects. The methodological framework includes a comparative institutional analysis, a content analysis of strategic documents from 20 pilot regions of the Russian Federation and a clustering of regional innovation systems based on the alignment of S3 priorities with local competencies. The empirical part covers the period 2021–2025 and includes data from Rosstat, the European Innovation Scoreboard and financial statements from major industrial holdings. The results demonstrate that the degree of alignment between corporate R&D and regional priorities varies from 23 to 67 %, depending on the density of innovation infrastructure, the intensity of entrepreneurial search processes and the presence of formalized coordination mechanisms. Three alignment models are identified: directive (federal priorities determine corporate priorities), partnership (joint agenda-setting) and autonomous (weak links between levels). Regions with a high share of university and industry research institute participation in EDP procedures demonstrated an 18–24 % higher conversion of R&D into commercial products. The practical significance of this study lies in the development of indicators for monitoring the alignment of innovation portfolios and regional strategies for the public administration system.

Ключевые слова: умная специализация; региональная инновационная система; корпоративные НИОКР; научно-технологическое развитие; предпринимательский поиск; инновационный портфель; промышленная политика.

Keywords: smart specialization; regional innovation system; corporate R&D; scientific and technological development; entrepreneurial search; innovation portfolio; industrial policy.

Трансформация глобальных цепочек создания стоимости и нарастающее технологическое соперничество вынуждают правительства пересматривать подходы к координации инновационной деятельности. Если ранее акцент делается на горизонтальных мерах поддержки (налоговые льготы, дотации на НИОКР), то с 2010-х гг. в фокусе оказываются территориально-дифференцированные стратегии, опирающиеся на уникальные компетенции регионов [1]. Концепция умной специализации (*Smart Specialisation, S3*), первоначально разработанная экспертной группой Европейской комиссии «*Knowledge for Growth*», предлагает альтернативу универсальным политическим рецептам – она исходит из того, что каждый регион должен идентифицировать ограниченное число приоритетных доменов для концентрации ресурсов, опираясь на процедуру предпринимательского поиска (*Entrepreneurial Discovery Process, EDP*) [2]. За период 2014–2020 гг. более 180 европейских регионов внедрили *RIS3*-стратегии, однако эмпирические исследования показывают значительную вариативность результатов: ряд территорий сталкивается с рассогласованием заявленных приоритетов и реальных компетенций локальной экономики [3].

Россия находится в начальной фазе институционализации аналогичных механизмов. Указ Президента

РФ № 145 от 28.02.2024 г. фиксирует несогласованность приоритетов научно-технологического развития на национальном, региональном, отраслевом и корпоративном уровнях как одну из ключевых негативных тенденций [4]. В 2024 г. стартует пилотный проект по разработке региональных государственных программ в сфере НТР в 20 субъектах федерации (Татарстан, Новосибирская, Свердловская области и др.), призванный обеспечить синхронизацию со стратегиями социально-экономического развития территорий [5]. Вместе с тем открытым остается вопрос о механизмах включения корпоративного сектора в процессы приоритизации: крупные промышленные компании формируют собственные НИОКР-портфели исходя из рыночных сигналов, внутренних технологических дорожных карт и глобальных трендов, которые далеко не всегда корреспондируют с региональной повесткой [6].

Теоретической рамкой исследования выступает модель тройной спирали (*Triple Helix*), постулирующая взаимопроникновение функций университетов, бизнеса и государства в инновационном процессе [7]. В расширенной версии – четырехзвенной спирали – добавляется гражданское общество как источник артикуляции социальных запросов [8]. Применительно к *S3*-контексту особое значение приобретает понятие связанной диверсификации (*related diversification*): регионы с высокой плотностью когнитивно-смежных компетенций демонстрируют более устойчивую траекторию технологического развития [9]. Эмпирические данные по 164 европейским регионам свидетельствуют, что лишь 42 % приоритетов *RIS3* согласуются с локальным пространством знаний, что указывает на системные дефекты процедур предпринимательского поиска [10].

Цель данной работы – выявление факторов и механизмов согласования региональных инновационных приоритетов, определенных в рамках стратегий умной специализации, и корпоративных портфелей НИОКР промышленных компаний. Достижение цели предполагает решение следующих задач: систематизация теоретических подходов к координации многоуровневой инновационной политики; анализ практик *EDP* в европейских и российских регионах; оценка степени сопряженности корпоративных НИОКР с региональными приоритетами; разработка рекомендаций по совершенствованию институциональных механизмов согласования.

Материалы и методы исследования

Методология работы базируется на смешанном дизайне, комбинирующем качественные и количественные методы. На первом этапе проводится контент-анализ стратегических документов: Стратегии НТР РФ (2024), региональных программ научно-технологического развития 20 пилотных субъектов, корпоративных отчетов по устойчивому развитию 15 крупнейших промышленных холдингов (по объему затрат на НИОКР). Единицей анализа выступают приоритетные технологические направления и отраслевые домены. Для оценки степени согласованности применяется индекс тематического соответствия (*Thematic Alignment Index, TAI*), рассчитываемый как доля корпоративных НИОКР-проектов, соответствующих хотя бы одному региональному приоритету.

На втором этапе используется сравнительный институциональный анализ механизмов *EDP* в выборке из 12 европейских регионов (по данным *European Commission S3 Platform*) и 8 российских субъектов. Критерии сравнения: состав участников, процедуры приоритизации, механизмы обратной связи, формы вовлечения корпоративного сектора. Третий этап включает кластерный анализ (метод *k*-средних) по параметрам инновационной инфраструктуры, патентной активности, доли высокотехнологичной продукции в ВРП. Информационную базу составляют данные Росстата (форма 4-инновация), *OECD REGPAT*, *European Innovation Scoreboard* 2024, корпоративная отчетность за 2021–2025 гг. Временные рамки исследования охватывают период действия нового программного цикла политики сплоченности ЕС (2021–2027) и первый год реализации обновленной Стратегии НТР РФ. Ограничения метода связаны с неполнотой публичных данных о корпоративных НИОКР-портфелях и различиями в методологии региональной статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

Институциональные модели координации приоритетов

Анализ показывает наличие трех устойчивых моделей согласования региональных и корпоративных инновационных приоритетов. Директивная модель характеризуется доминированием федеральных (национальных) ориентиров, которые транслируются на региональный уровень и затем инкорпорируются в корпоративные стратегии через систему государственных заказов, целевых субсидий и квот на локализацию. Данная модель типична для регионов с высокой долей оборонно-промышленного комплекса и государственных корпораций. Партнерская модель предполагает итеративное согласование приоритетов через площадки *EDP* с участием представителей бизнеса, научного сообщества и региональных администраций. Автономная модель фиксируется в регионах со слабой институциональной инфраструктурой, где корпорации формируют НИОКР-повестку независимо от региональных стратегий (см. табл. 1).

Таблица 1

Характеристики моделей согласования региональных и корпоративных инновационных приоритетов

Параметр	Директивная	Партнерская	Автономная
Ключевой актор координации	Федеральные органы	Региональные площадки *EDP*	Отсутствует
Роль корпораций	Реципиент приоритетов	Соавтор приоритетов	Независимый агент
Механизм связи	Госзаказ, субсидии	Форсайт-сессии, кластеры	Рыночные сигналы
TAI (медиана)	0,58	0,67	0,23
Доля регионов РФ, %	35	25	40

Эмпирические данные свидетельствуют, что партнерская модель обеспечивает наивысший уровень тематического соответствия (*TAI* = 0,67), тогда как автономная демонстрирует критически низкие значения. Вместе с тем директивная модель, несмотря на формально высокий *TAI*, сопрягается с рисками: корпорации адаптируют отчетность под требования грантодателей без реальной переориентации исследовательских программ.

Анализ процедур предпринимательского поиска

Процедура *EDP*, ключевая для концепции *S3*, реализуется в европейских регионах через разнообразные институциональные форматы. В выборке из 12 регионов идентифицированы следующие практики: тематические форсайт-сессии (100 %), онлайн-платформы сбора инициатив (75 %), специализированные рабочие группы с участием отраслевых ассоциаций (67 %), хакатоны и инновационные конкурсы (42 %). Критическим фактором успеха выступает вовлеченность среднего бизнеса: регионы с долей *SME*-участников *EDP* выше 30 % показывают на 18–24 % более высокую конверсию приоритетов в коммерциализированные продукты [11] (см. табл. 2).

В российских регионах процедуры *EDP* находятся на стадии становления. По данным мониторинга пилотных субъектов, лишь 6 из 20 территорий к концу 2024 г. проводят полноценные форсайт-сессии с участием бизнеса. Доминирует экспертный подход: приоритеты формируются рабочими группами при региональных министерствах без систематического вовлечения корпоративного сектора. Это создает разрыв между декларируемыми и реальными компетенциями территорий.

Корпоративные НИОКР-портфели: структура и ориентация

Анализ отчетности 15 крупнейших промышленных холдингов РФ (суммарные затраты на НИОКР – 486 млрд руб. в 2024 г.) позволяет идентифицировать структуру корпоративных инновационных портфелей. Преобладают проекты, ориентированные на импортозамещение (38 % затрат), повышение операционной эффективности (27 %) и разработку новых продуктов для внутреннего рынка (22 %). Лишь 13 % инвестиций направляются на прорывные технологии с горизонтом коммерциализации свыше 7 лет (см. табл. 3).

Таблица 2

Характеристики процедур *EDP* в европейских регионах (выборка 2021–2024 гг.)

Регион	Число участников *EDP*	Доля *SME*, %	Доля университетов, %	Число приоритетных доменов	Конверсия в продукты, %
Бавария (*DE*)	846	38	22	6	34
Каталония (*ES*)	612	41	19	8	29
Эмилия-Романья (*IT*)	534	45	24	5	37
Южная Голландия (*NL*)	421	33	28	4	41
Великопольское (*PL*)	298	29	18	7	22
Центральная Финляндия (*FI*)	187	52	31	3	44

Таблица 3

Структура корпоративных НИОКР-портфелей промышленных холдингов РФ, 2024 г.

Категория проектов	Доля в затратах, %	Средний горизонт, лет	Доля софинансирования государством, %
Импортозамещение	38	2–3	45
Операционная эффективность	27	1–2	12
Новые продукты (внутренний рынок)	22	3–5	28
Прорывные технологии	13	7+	61

Сопоставление корпоративных НИОКР-портфелей с региональными приоритетами показывает значительную дифференциацию. В регионах с развитой инновационной инфраструктурой (Москва, Санкт-Петербург, Татарстан) *TAI* достигает 0,54–0,67, тогда как в периферийных субъектах значения опускаются до 0,12–0,19. Ключевым фактором выступает наличие отраслевых кластеров и технопарков, выполняющих функцию посредников между региональной повесткой и корпоративными стратегиями. Структура сетевых связей и объем государственных инвестиций в НИОКР существенно влияют на региональную инновационную эффективность [12].

Кластерный анализ региональных инновационных систем

Кластеризация 85 субъектов РФ по параметрам инновационной активности позволяет выделить четыре группы (см. табл. 4). Первый кластер (8 регионов) характеризуется высокой плотностью НИОКР-инфраструктуры, значительной патентной активностью и устойчивыми связями «наука – производство». Второй кластер (17 регионов) демонстрирует средние показатели с выраженной отраслевой специализацией. Третий кластер (31 регион) отличается низкой инновационной активностью при наличии отдельных точек роста. Четвертый кластер (29 регионов) – периферийные территории с минимальным инновационным потенциалом.

Регионы первого кластера концентрируют 67 % всех корпоративных НИОКР-затрат страны, что создает эффект пространственной поляризации инновационного развития. Эффективность различных типов инновационной политики в региональном контексте существенно зависит от комбинации применяемых инструментов – прямых грантов, налоговых кредитов и защиты интеллектуальной собственности [13].

Факторы согласования: регрессионный анализ

Для выявления детерминант *TAI* строится множественная регрессионная модель на панельных данных 20 пилотных регионов (см. табл. 5). Зависимая переменная – индекс тематического соответствия. Независимые переменные: плотность инновационной инфраструктуры (число технопарков и бизнес-инкубаторов на 1 млн населения), интенсивность *EDP* (число проведенных мероприятий), доля университетов в региональных НИОКР, наличие формализованного координационного органа.

Результаты подтверждают значимость всех включенных факторов на уровне $p < 0,05$. Наибольший эффект оказывает наличие формализованного координационного органа (+14,3 п. п. к *TAI* при прочих равных), что указывает на критическую роль институционального дизайна. Интенсивность процедур *EDP* также демонстрирует сильное влияние: каждое дополнительное мероприятие ассоциировано с ростом *TAI* на 12,7 п. п. Опыт адаптации концепции умной специализации в российских условиях показывает необходимость учета институциональных особенностей и ресурсных ограничений регионов [14].

Таблица 4

Кластеры региональных инновационных систем РФ

Параметр	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
Число регионов	8	17	31	29
Затраты на НИОКР, % ВРП (медиана)	2,8	1,4	0,6	0,2
Патентов на 100 тыс. населения	48	19	7	2
Доля инновационной продукции, %	18	9	4	1
TAI (медиана)	0,61	0,43	0,28	0,15
Модель координации (доминирующая)	Партнерская	Директивная	Автономная	Автономная

Таблица 5

Результаты регрессионного анализа факторов *TAI*

Переменная	Коэффициент	Ст. ошибка	*t*-статистика	*p-value*
Плотность инфраструктуры	0,089	0,024	3,71	0,002
Интенсивность *EDP*	0,127	0,031	4,1	0,001
Доля университетов	0,064	0,028	2,29	0,034
Координационный орган (*dummy*)	0,143	0,052	2,75	0,014
Константа	0,112	0,067	1,67	0,112
Примечание. $R^2 = 0,58$; $F = 8,94$; $n = 20$				

Барьеры согласования: качественный анализ

Контент-анализ стратегических документов и экспертных интервью позволяет систематизировать барьеры согласования региональных и корпоративных приоритетов. На институциональном уровне выделяются: отсутствие обязывающих норм участия бизнеса в процедурах приоритизации; рассинхронизация циклов стратегического планирования (региональные стратегии – 6 лет, корпоративные – 3–5 лет); дефицит квалифицированных модераторов *EDP*. На когнитивном уровне фиксируется разрыв в понимании приоритетов: региональные администрации ориентируются на широкие технологические домены (цифровизация, зеленая экономика), тогда как корпорации оперируют конкретными продуктовыми нишами. На ресурсном уровне отмечается недостаточность финансовых стимулов для переориентации корпоративных НИОКР на региональные приоритеты. Обновление региональных инновационных стратегий на принципах умной специализации требует комплексного подхода к преодолению выявленных барьеров [15]. Важную роль играет формирование единой методологической базы для оценки соответствия региональных приоритетов и компетенций [16].

Выводы. 1. Проведенное исследование позволяет выявить ключевые закономерности согласования региональных инновационных приоритетов, формируемых в рамках стратегий умной специализации, и корпоративных портфелей НИОКР промышленных компаний. Эмпирический анализ 20 пилотных регионов РФ и сравнительное изучение европейских практик подтверждает гипотезу о критической роли институционального дизайна: регионы с формализованными механизмами координации (специализированные советы, платформы *EDP*) демонстрируют на 14–18 п. п. более высокий уровень тематического соответствия корпоративных НИОКР региональным приоритетам. Вместе с тем сохраняется значительная дифференциация: 40 % субъектов РФ функционируют в режиме автономной модели, где связь между уровнями практически отсутствует.

2. Полученные результаты согласуются с выводами зарубежных исследований о необходимости интенсификации процедур предпринимательского поиска и расширения состава их участников за счет среднего бизнеса. Регионы с долей *SME*-участников *EDP* свыше 30 % показывают на 18–24 % более высокую конверсию приоритетов в коммерциализированные продукты, что объясняется большей гибкостью малых компаний в адаптации исследовательских программ. Крупные промышленные холдинги, напротив, склонны к инерционному поведению: их НИОКР-портфели формируются преимущественно под влиянием глобальных технологических трендов и внутренних дорожных карт, тогда как региональная повестка учитывается лишь при наличии существенных финансовых стимулов (государственное софинансирование, налоговые льготы). Структурный анализ корпоративных НИОКР-портфелей выявляет преобладание краткосрочных проектов импортозамещения (38 % затрат) при относительно низкой доле прорывных исследований (13 %). Данное распределение отражает адаптивную реакцию на внешние шоки, однако создает риски для долгосрочной конкурентоспособности. Приоритеты научно-технологического развития, утвержденные в 2024 г. (высокоэффективная энергетика, персонализированная медицина, интеллектуальные транспортные системы), требуют существенной переориентации корпоративных НИОКР, что возможно лишь при условии создания адекватных механизмов стимулирования и разделения рисков.

3. Кластерный анализ региональных инновационных систем подтверждает тезис о пространственной поляризации: 8 регионов первого кластера концентрируют 67 % корпоративных НИОКР-затрат страны. Преодоление данного дисбаланса требует дифференцированного подхода к политике умной специализации с учетом стартовых условий территорий. Для периферийных регионов (кластеры 3–4) приоритетом должно стать не копирование практик лидеров, а поиск ниш связанной диверсификации, основанных на локальных компетенциях. Территориальное измерение миссионно-ориентированной инновационной политики требует интеграции принципов умной специализации с учетом специфики региональных экосистем.

4. Перспективы дальнейших исследований связаны с лонгитюдным мониторингом эффектов внедряемых координационных механизмов, разработкой методики оценки качества процедур *EDP*, а также изучением роли цифровых платформ в согласовании многоуровневой инновационной политики. Практическая значимость результатов состоит в обосновании рекомендаций для региональных администраций по формированию институциональной архитектуры умной специализации, обеспечивающей эффективное вовлечение корпоративного сектора.

Список литературы

1. *Foray D.* Smart Specialisation: Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy. London: Routledge. 2015. 128 p.

2. *Ferrante C., Kogler D. F.* Smart Specialisation Strategies and regional knowledge spaces: how to bridge vision and reality // Regional Studies. 2024. Vol. 58. № 12. Pp. 2501–2517.

3. *Moujaes G.* Moving to Smart Specialization for sustainability: the implications on the design of monitoring indicators // Science and Public Policy. 2024. Vol. 51. № 1. Pp. 127–143.

4. *Указ* Президента РФ от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. 2024. № 10. С. 1328.

5. *Указ* Президента РФ от 18.06.2024 № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития» // Собрание законодательства РФ. 2024. № 26. С. 3712.

6. *Mazzucato M.* Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities // Industrial and Corporate Change. 2018. Vol. 27. № 5. Pp. 803–815.

7. *Etzkowitz H.* The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action. New York: Routledge. 2008. 176 p.

8. *Carayannis E. G., Campbell D. F. J., Grigoroudis E.* Helix trilogy: The triple, quadruple, and quintuple innovation helices // Journal of the Knowledge Economy. 2022. Vol. 13. № 3. Pp. 2272–2301.

9. *Balland P.-A.* Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification // Regional Studies. 2019. Vol. 53. № 9. Pp. 1252–1268.

10. *Kogut-Jaworska M., Ociepa-Kicińska E.* Do Regional Smart Specialization Strategies Affect Innovation in Enterprises? // Sustainability. 2023. Vol. 15. № 23.

11. *Priebe M.*, *Herberg J.* Regioning mission-oriented innovation policy: The articulation of directionality between federal and regional arenas // Environmental Innovation and Societal Transitions. 2024. Vol. 52.

12. *Cao X.-Y.*, *Wu X.-L., Wang L.-M.* Innovation network structure, government R&D investment and regional innovation efficiency: Evidence from China // PLoS ONE. 2023. Vol. 18. № 5.

13. *Yang B.* A research on the effectiveness of innovation policy for regional innovation under Chinese long-range plan // Science and Public Policy. 2023. Vol. 50. № 3. Pp. 491–508.

14. *Калюжнова Н. Я., Виолин С. И.* «Умная специализация» российских регионов: возможности и ограничения // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 4. С. 2019–2036.

15. *Михайлов А. С., Максименко Д. Д., Максименко М. Р.* Обновление региональных инновационных стратегий на принципах умной специализации: уроки для России // Балтийский регион. 2024. Т. 16. № 2. С. 41–62.

16. *Куценко Е. С., Исланкина Е. А., Киндрась А. А.* Умная специализация по-российски: анализ региональных инновационных стратегий в рамках концепции RIS3 // Форсайт. 2018. Т. 12. № 1. С. 25–45.

References

1. Foray D. *Smart Specialisation: Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy*. London, Routledge, 2015, 128 p.

2. Ferrante C., Kogler D. F. Smart Specialisation Strategies and regional knowledge spaces: how to bridge vision and reality. *Regional Studies*, 2024, vol. 58, no. 12, pp. 2501–2517.

3. Moujaes G. Moving to Smart Specialization for sustainability: the implications on the design of monitoring indicators. *Science and Public Policy*, 2024, vol. 51, no. 1, pp. 127–143.

4. *O Strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii* [On the Strategy of Scientific and technological Development of the Russian Federation]. Decree of the President of the Russian Federation no. 145 dated 28.02.2024.

5. *Ob utverzhdenii prioritetnyh napravlenij nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya* [On approval of priority directions of scientific and technological development]. Decree of the President of the Russian Federation no. 529 dated 18.06.2024.

6. Mazzucato M. Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 2018, vol. 27, no. 5, pp. 803–815.

7. Etzkowitz H. *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. New York, Routledge, 2008, 176 p.

8. Carayannis E. G., Campbell D. F. J., Grigoroudis E. Helix trilogy: The triple, quadruple, and quintuple innovation helices. *Journal of the Knowledge Economy*, 2022, vol. 13, no. 3, pp. 2272–2301.

9. Balland P.-A. Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification. *Regional Studies*, 2019, vol. 53, no. 9, pp. 1252–1268.

10. Kogut-Jaworska M., Ociepa-Kicińska E. Do Regional Smart Specialization Strategies Affect Innovation in Enterprises? *Sustainability*, 2023, vol. 15, no. 23.

11. Priebe M., Herberg J. Regioning mission-oriented innovation policy: The articulation of directionality between federal and regional arenas. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2024, vol. 52.

12. Cao X.-Y., Wu X.-L., Wang L.-M. Innovation network structure, government R&D investment and regional innovation efficiency: Evidence from China. *PLoS ONE*, 2023, vol. 18, no. 5.

13. Yang B. A research on the effectiveness of innovation policy for regional innovation under Chinese long-range plan. *Science and Public Policy*, 2023, vol. 50, no. 3, pp. 491–508.

14. Kalyuzhnova N. Ya., Violin S. I. Smart specialization in Russian regions: opportunities and limitations. *Russian journal of innovation economics*, 2020, vol. 10, no 4, pp. 2019–2036.

15. Mihajlov A. S., Maksimenko D. D., Maksimenko M. R. Updating regional innovation strategies based on the principles of smart specialization: lessons for Russia. *Baltic Region*, 2024, vol. 16, no. 2, pp. 41–62.

16. Kucenko E. S., Islankina E. A., Kindras' A. A. Smart specialization in Russian: analysis of regional innovation strategies within the framework of the RIS3 concept. *Foresight*, 2018, vol. 12, no. 1, pp. 25–45.

УДК 332.14:338.24

С. Н. СИЛЬВЕСТРОВ, д-р экономич. наук; С. А. ПОБЫВАЕВ, канд. экономич. наук; Н. Е. КОТОВА; Т. К. ЧЕРНЫШЕВА; С. Б. РЕШЕТНИКОВ (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: ssilvestrov@fa.ru
S. N. Silvestrov, S. A. Pobyvaev, N. E. Kotova, T. K. Chernysheva, S. B. Reshetnikov (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Региональное измерение государственного стратегического управления предприятиями и баланс интересов федерального и местного уровней при создании кластеров индустриальных парков и специальных экономических зон

The regional dimension of state strategic enterprise management and the balance of interests at the federal and local levels in the creation of clusters of industrial parks and special economic zones

Исследование направляется на выявление механизмов согласования интересов федерального центра и субъектов РФ при формировании территориально-производственных структур нового типа – кластеров индустриальных парков и особых экономических зон. Актуальность проблематики определяется нарастающей межрегиональной дифференциацией инвестиционной активности: разрыв между десятью первыми и десятью последними субъектами РФ по объему промышленного производства на душу населения за период 2017–2023 гг. увеличивается в 1,5 раза. Методология базируется на сочетании институционального анализа нормативно-правовой базы регулирования преференциальных режимов, статистической обработки данных Ассоциации индустриальных парков России и Минэкономразвития за 2013–2025 гг., а также компаративистики региональных практик стимулирования инвестиционной деятельности. В качестве ключевых результатов устанавливается, что пятикратный рост числа индустриальных парков (с 80 до 454 ед.) сопровождается концентрацией 50 % площадок в восьми регионах-лидерах, при этом накопленные инвестиции резидентов превышают 2 трлн руб. Выявляется дисбаланс между федеральными приоритетами пространственного развития и региональными стратегиями привлечения инвестиций, проявляющийся в дефиците координационных механизмов и дублировании льготных режимов. Предлагается модель многоуровневого согласования, интегрирующая инструменты промышленной ипотеки, специальных казначейских кредитов и межбюджетных трансфертов целевого назначения. Практическая значимость состоит в обосновании перехода от точечных преференций к системному управлению промышленной инфраструктурой макрорегионального масштаба.

The research is aimed at identifying mechanisms for coordinating the interests of the federal center and the subjects of the Russian Federation in the formation of territorial production structures of a new type – clusters of industrial parks and special economic zones. The relevance of the issue is determined by the growing interregional differentiation of investment activity: the gap between the top ten and the last ten subjects of the Russian Federation in terms of industrial production per capita increased 1,5 times over the period 2017–2023. The methodology is based on a combination of an institutional analysis of the regulatory framework for the regulation of preferential regimes, statistical processing of data from the Association of Industrial Parks of Russia and the Ministry of Economic Development for 2013–2025, as well as comparative analysis of regional practices for stimulating investment activity. As key results, it is found that the fivefold increase in the number of industrial parks (from 80 to 454 units) is accompanied by the concentration of 50 % of sites in eight leading regions, while the accumulated investments of residents exceeded 2 trillion rubles. An imbalance has been identified between federal spatial development priorities and regional investment attraction strategies, manifested in a lack of coordination mechanisms and duplication of preferential treatment. A multilevel coordination

model is proposed that integrates the instruments of industrial mortgages, special treasury loans, and targeted inter-budget transfers. The practical significance lies in the justification of the transition from point preferences to the systematic management of industrial infrastructure on a macro-regional scale.

Ключевые слова: индустриальные парки; особые экономические зоны; кластерная политика; пространственное развитие; многоуровневое управление; региональная экономика; промышленная инфраструктура.

Keywords: industrial parks; special economic zones; cluster policy; spatial development; multilevel management; regional economy; industrial infrastructure.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финуниверситета.

Трансформация промышленной политики РФ в условиях структурной перестройки экономики актуализирует проблематику территориальной организации производственных сил и формирования конкурентоспособных точек роста регионального уровня. Указом Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 определяются национальные цели развития на период до 2030 г. с перспективой до 2036 г., включающие обеспечение устойчивого роста реального сектора и сокращение межрегиональной дифференциации по ключевым социально-экономическим показателям [1]. Реализация заявленных ориентиров предполагает кардинальное переосмысление инструментария пространственного развития, при котором индустриальные парки и особые экономические зоны выступают базовыми элементами новой конфигурации размещения производительных сил страны.

Институциональная среда функционирования преференциальных территорий в России формируется начиная с 2005 г., когда принимается Федеральный закон № 116-ФЗ об особых экономических зонах [2]. Последующее развитие нормативной базы, включая Федеральный закон № 488-ФЗ о промышленной политике, Основы государственной политики регионального развития до 2025 г. (Указ № 13 от 16.01.2017), Стратегию пространственного развития до 2025 г. (распоряжение № 207-р от 13.02.2019), создает многослойную регуляторную архитектуру, в рамках которой переплетаются полномочия федеральных и региональных органов исполнительной власти [3]. Вместе с тем накопленный массив нормативных актов не устраняет ключевого противоречия – отсутствия действенных механизмов согласования стратегических приоритетов центра и субъектов федерации в процессе создания и управления территориями опережающего развития.

Анализ научной литературы демонстрирует значительное внимание исследователей к проблематике кластерообразования и преференциальных режимов. Работы последних лет фиксируют устойчивую корреляцию между наличием развитой промышленной инфраструктуры и динамикой региональных инвестиций, однако механизмы межуровневой координации остаются недостаточно изученными [4]. Зарубежный опыт свидетельствует о критической важности институционального дизайна для успешного функционирования особых экономических зон: исследования показывают, что эффективность преференциальных территорий определяется не столько объемом предоставляемых льгот, сколько качеством управленческих решений и степенью интеграции в региональные производственные цепочки [5]. Применительно к российским условиям отмечается специфика формирования индустриальных площадок «снизу вверх» – по инициативе региональных властей при ограниченной методической поддержке федерального центра, что обусловливает значительную вариативность достигаемых результатов [6].

Статистические данные Ассоциации индустриальных парков России (АИП) за 2024 г. фиксируют функционирование 454 действующих и создаваемых индустриальных парков с совокупной площадью 64,2 тыс. гектаров [7]. При этом региональная концентрация остается выраженной: Московская, Ленинградская, Калужская, Челябинская, Свердловская области, Республики Татарстан, Башкортостан и Санкт-Петербург аккумулируют половину всех площадок страны. Параллельно по состоянию на 2025 г. в России функционируют 64 особые экономические зоны четырех типов – промышленно-производственного, технико-внедренческого, туристско-рекреационного и портового – с суммарным объемом накопленных инвестиций резидентов 2,7 трлн руб. и числом созданных рабочих мест более 110 тыс. [8]. Подобная двухконтурная система преференциальных территорий порождает вопросы координации льготных режимов и предотвращения межрегиональной конкуренции за мобильный капитал посредством демпинга налоговых условий.

Проблемное поле исследования определяется противоречием между декларируемым курсом на сбалансированное пространственное развитие и фактической тенденцией к концентрации экономической активности в ограниченном числе субъектов федерации. Разрыв по валовому региональному продукту на душу населения между регионами-лидерами и аутсайдерами увеличивается с 3,7 раза в 2017 г. до 4,2 раза в 2022 г., а по инвестициям в основной капитал – с 4,1 до 4,7 раза за аналогичный период [9]. Создание кластеров индустриальных парков призывает сгладить указанную асимметрию, однако реализация потенциала данного инструмента требует переосмысления распределения полномочий между уровнями публичной власти и формирования адекватных координационных процедур.

Цель данной работы – разработка концептуальной модели многоуровневого согласования интересов федерального центра и субъектов РФ при создании и управлении кластерами индустриальных парков и особых экономических зон, обеспечивающей баланс общенациональных приоритетов пространственного развития и региональных стратегий привлечения инвестиций.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач: систематизация институционального каркаса регулирования преференциальных территорий; выявление противоречий между федеральными и региональными интересами; анализ динамики развития промышленной инфраструктуры в региональном разрезе; обоснование механизмов межуровневой координации; формулирование рекомендаций по совершенствованию нормативно-правовой базы.

Материалы и методы исследования

Методологический каркас работы формируется на основе интеграции нескольких исследовательских подходов, обеспечивающих комплексное рассмотрение многоуровневой проблематики. Институциональный анализ применяется для изучения нормативно-правовой базы регулирования индустриальных парков и особых экономических зон на федеральном и региональном уровнях – исследованы 47 нормативных актов, включая федеральные законы, указы Президента, постановления и распоряжения Правительства, ведомственные приказы Минпромторга и Минэкономразвития. Статистический анализ охватывает данные за период 2013–2025 гг., агрегированные из материалов Ассоциации индустриальных парков России, Минэкономразвития, Росстата, что позволяет отследить динамику ключевых индикаторов функционирования преференциальных территорий.

Компаративный метод используется при сопоставлении региональных практик стимулирования инвестиционной деятельности в субъектах-лидерах (Московская область, Республика Татарстан, Калужская область) и территориях догоняющего развития. Эмпирическая база включает данные о 454 индустриальных парках и 64 особых экономических зонах – анализируются показатели площади, заполняемости, объема привлеченных инвестиций, количества резидентов, числа созданных рабочих мест. Временные рамки исследования ограничиваются периодом с момента принятия базового законодательства (2005–2006 гг.) по конец 2025 г., что обеспечивает возможность оценки институциональной эволюции на протяжении двадцатилетнего цикла.

Информационную основу составляют официальные документы стратегического планирования (Стратегия пространственного развития до 2025 г., Стратегия научно-технологического развития, Основы государственной политики регионального развития), ежегодные обзоры АИП России, материалы Международного форума ОЭЗ, статистические сборники Росстата по инвестиционной деятельности в региональном разрезе. Дополнительно привлекаются публикации из наукометрических баз *Scopus* и *Web of Science* по тематике кластерной политики и регионального развития за 2020–2024 гг., что позволяет верифицировать полученные выводы относительно международного опыта функционирования преференциальных территорий.

Результаты исследования и их обсуждение

Институциональный ландшафт преференциальных территорий

Анализ нормативно-правовой базы выявляет многослойную архитектуру регулирования, порождающую институциональные коллизии между федеральным и региональным уровнями. Базовым документом остается Федеральный закон № 116-ФЗ от 22.07.2005, определяющий типологию ОЭЗ и общие принципы их функционирования. Последующие изменения (2017, 2020, 2023, 2024 гг.) расширяют полномочия субъектов федерации в части управления преференциальными территориями, однако не устраняют дуализма компетенций: Минэкономразвития ведет реестр резидентов ОЭЗ и осуществляет общую координацию, тогда как Минпромторг курирует индустриальные парки и промышленные кластеры [10]. Регионы при этом формируют собственные программы поддержки резидентов, нередко дублирующие федеральные механизмы или конфликтующие с приоритетами соседних субъектов.

Таблица 1

Распределение полномочий между уровнями власти в сфере управления преференциальными территориями

Функция	Федеральный уровень	Региональный уровень	Проблемные зоны
Создание ОЭЗ	Постановление Правительства РФ	Инициатива, подготовка заявки	Длительность согласования (12–18 мес.)
Создание индустриального парка	Включение в реестр Минпромторга	Самостоятельное решение региона	Отсутствие единых стандартов
Налоговые льготы	Федеральная часть (НДС, таможня)	Региональная часть (прибыль, имущество)	Несогласованность пакетов льгот
Финансирование инфраструктуры	Субсидии, казначейские кредиты	Региональные бюджеты, ГЧП	Дефицит инвестиций в периферии
Оценка эффективности	Рейтинг Минэкономразвития	Региональные *KPI*	Дублирование показателей

Ключевым противоречием выступает несинхронность циклов планирования: федеральные документы (Стратегия пространственного развития, национальные проекты) оперируют горизонтом 6–12 лет, тогда как региональные программы поддержки инвестиций, как правило, привязываются к бюджетному трехлетию [11]. Подобная рассогласованность препятствует формированию долгосрочных обязательств публичной власти перед инвесторами и порождает «институциональную неопределенность» – фактор, негативно влияющий на инвестиционные решения резидентов, особенно в капиталоемких отраслях с длительными сроками окупаемости.

Динамика развития индустриальных парков: региональный разрез

Количественный рост индустриальных парков за период 2013–2024 гг. характеризуется среднегодовым темпом прироста 18 %, при этом структура распределения по федеральным округам сохраняет выраженную асимметрию (см. табл. 2). Центральный и Приволжский округа концентрируют свыше 60 % совокупного числа площадок, что объясняется исторически сложившейся инфраструктурной обеспеченностью, плотностью расселения и близостью к емким рынкам сбыта [12]. Вместе с тем активизация проектов в Уральском и Северо-Западном округах (прирост на 32 и 28 % за 2021–2024 гг., соответственно) свидетельствует о постепенной диффузии формата индустриальных площадок в макрорегионы с иной специализацией.

Показатель заполняемости готовых площадей демонстрирует устойчивую положительную динамику: если в 2019 г. доля занятых помещений составляет 70 %, то к 2024 г. она достигает 85 %, при этом более 60 % действующих парков заполнены на 80–100 %. Данная статистика свидетельствует о превышении спроса над предложением качественной промышленной инфраструктуры, особенно в регионах-лидерах. Вместе с тем разрыв между «точками притяжения» и периферией нарастает: заполняемость парков в Московской области и Татарстане стабильно превышает 90 %, тогда как ряд площадок в Сибири и на Дальнем Востоке демонстрирует показатели ниже 50 %, несмотря на предоставляемые льготы. Анализ структуры собственности показывает устойчивое преобладание частных индустриальных парков – их доля колеблется в диапазоне 60–65 % на протяжении всего периода наблюдений [13]. Частные управляющие компании демонстрируют большую гибкость в адаптации к запросам резидентов, оперативнее

Таблица 2

Распределение индустриальных парков по федеральным округам за 2024 г.

Федеральный округ	Количество ИП	Доля, %	Темп прироста 2021–2024, %	Инвестиции резидентов, млрд руб.
Центральный	156	34,4	14	720
Приволжский	112	24,7	16	580
Уральский	48	10,6	32	260
Северо-Западный	42	9,3	28	195
Сибирский	38	8,4	18	125
Южный	31	6,8	22	80
Дальневосточный	18	4	35	45
Северо-Кавказский	9	1,8	12	15
Итого	454	100	18	2020

реагируют на конъюнктурные изменения, однако испытывают дефицит доступа к инструментам государственной поддержки, сконцентрированным преимущественно на государственных площадках. Подобная диспропорция противоречит декларируемому принципу равенства форм собственности и требует корректировки механизмов субсидирования.

Особые экономические зоны: эффективность и региональная дифференциация

Система ОЭЗ по состоянию на 2025 г. включает 64 действующие зоны, из которых 38 относятся к промышленно-производственному типу, 7 – к технико-внедренческому, 12 – к туристско-рекреационному, 2 – к портовому, еще 5 функционируют на основании отдельных федеральных законов (Калининградская область, Магаданская область, Курильские острова). Совокупный объем инвестиций резидентов достиг 2,7 трлн руб., создано более 110 тыс. рабочих мест, вклад в ВВП оценивается в 1,2 трлн руб. ежегодно. Однако распределение эффектов крайне неравномерно: на пятерку лидеров («Технополис Москва», «Алабуга», «Липецк», «Санкт-Петербург», «Иннополис») приходится свыше 70 % совокупного объема инвестиций и налоговых поступлений (см. табл. 3) [14].

Восьмой Национальный рейтинг инвестиционной привлекательности ОЭЗ (2024 г.), проведенный Ассоциацией кластеров, технопарков и ОЭЗ совместно с Минэкономразвития, фиксирует лидерство ОЭЗ «Липецк» среди промышленно-производственных зон и «Технополиса Москва» среди технико-внедренческих [15]. Критерии оценки охватывают 54 показателя, сгруппированных в шесть блоков: инвестиционная активность, инфраструктурная обеспеченность, кадровый потенциал, качество управления, инновационный потенциал, *ESG*-факторы. Анализ методологии рейтинга выявляет недостаточный учет эффектов перелива (*spillover effects*) на сопредельные территории, а также индикаторов координации с региональными стратегиями развития.

Противоречия федерального и регионального уровней

Эмпирический анализ позволяет идентифицировать четыре ключевых узла противоречий в системе многоуровневого управления преференциальными территориями (см табл. 4).

Первый касается распределения фискальных эффектов: предоставление федеральных налоговых льгот (освобождение от НДС при импорте оборудования, режим свободной таможенной зоны) снижает поступления федерального бюджета, тогда как генерируемая налоговая база (НДФЛ, налог на прибыль по региональной ставке) концентрируется в субъектах размещения ОЭЗ [16]. Подобная асимметрия порождает стимулы для конкуренции регионов за размещение площадок посредством демпинга региональных налоговых ставок, что ведет к «гонке на дно» и размыванию бюджетных эффектов.

Второй узел связан с согласованием отраслевых приоритетов: федеральные документы стратегического планирования акцентируют технологический суверенитет, высокотехнологичные производства, импортозамещение критической продукции, тогда как региональные власти нередко ориентируются на привлечение любых инвестиций независимо от от-

Таблица 3

Ключевые показатели ОЭЗ-лидеров за 2024 г.

ОЭЗ	Тип	Резиденты, ед.	Инвестиции, млрд руб.	Рабочие места	Налоги, млрд руб.
Технополис Москва	ТВТ	220+	50,5	17 000	6,9
Алабуга	ППТ	95	180	12 500	11,3
Липецк	ППТ	63	106	8200	4,8
Санкт-Петербург	ТВТ	85	65	6500	16,2
Иннополис	ТВТ	580	42	5800	2,1
Примечание. ТВТ – технико-внедренческий тип, ППТ – промышленно-производственный тип					

Таблица 4

Матрица противоречий федерального и регионального уровней

Сфера противоречия	Федеральный интерес	Региональный интерес	Последствия
Фискальная	Минимизация выпадающих доходов	Максимизация инвестиций	Налоговая конкуренция
Отраслевая	Технологический суверенитет	Любые инвестиции	Размывание профиля ИП
Пространственная	Снижение дифференциации	Концентрация ресурсов в столице	Усиление асимметрии
Институциональная	Унификация правил	Гибкость льготных режимов	Регуляторный арбитраж

раслевой принадлежности [17]. В результате часть индустриальных парков заполняется логистическими комплексами и торговыми структурами, что противоречит промышленной направленности формата. Попытки ввести ограничения на профиль резидентов наталкиваются на сопротивление регионов, заинтересованных в максимизации краткосрочных показателей заполняемости.

Третий узел – пространственный: федеральная стратегия декларирует сглаживание межрегиональных различий, однако инструментарий поддержки (субсидии на инфраструктуру, промышленная ипотека, казначейские кредиты) *de facto* концентрируется в регионах с развитой инвестиционной экосистемой. Критерии отбора проектов для федерального софинансирования (объем привлекаемых инвестиций, число рабочих мест, срок окупаемости) благоприятствуют территориям с накопленным управленческим капиталом и сформированным пулом потенциальных резидентов, тем самым воспроизводя неравенство стартовых условий [18]. Потенциальным решением может служить введение региональных коэффициентов приоритетности, дифференцирующих условия поддержки в зависимости от уровня социально-экономического развития субъекта.

Четвертый узел – институциональный: отсутствие единого федерального органа, ответственного за координацию всех типов преференциальных территорий (ОЭЗ, индустриальные парки, территории опережающего развития, технопарки), порождает регуляторную фрагментацию. Минэкономразвития, Минпромторг, Минвостокразвития, региональные корпорации развития действуют в рамках собственных ведомственных логик, что приводит к дублированию функций, разрывам в информационном обмене и затрудненной оценке совокупных эффектов преференциальных режимов. Формирование межведомственной координационной структуры представляется необходимым условием перехода от «лоскутной» к системной политике управления промышленной инфраструктурой.

Модель многоуровневого согласования интересов

На основе выявленных противоречий предлагается концептуальная модель многоуровневого согласования, включающая три взаимосвязанных контура: стратегический, операционный и контрольный (см. табл. 5). Стратегический контур предполагает формирование Межведомственной комиссии по пространственному развитию промышленной инфраструктуры при Правительстве РФ с участием представителей Минэкономразвития, Минпромторга, Минфина, полномочных представителей Президента в федеральных округах и губернаторов регионов-лидеров [19]. Функционал комиссии охватывает утверждение перспективной схемы размещения преференциальных территорий, согласование федеральных и региональных стратегий, арбитраж межрегиональных споров о привлечении крупных инвесторов.

Операционный контур базируется на создании единой цифровой платформы мониторинга преференциальных территорий, интегрирующей данные о резидентах, инвестициях, занятости, налоговых поступлениях, состоянии инфраструктуры. Платформа должна обеспечить «сквозную» аналитику от федерального до муниципального уровня, а также реализовать принцип «одного окна» для потенциальных инвесторов при выборе площадки размещения. Переход к унифицированным ключевым показателям эффективности (*KPI*) позволяет обеспечить сопоставимость результатов различных типов преференциальных территорий и устранить практику манипулирования статистикой на региональном уровне.

Контрольный контур предполагает усиление роли Счетной палаты в оценке бюджетной эффективности преференциальных режимов – соотношения выпадающих доходов федерального и региональных бюджетов с генерируемыми налоговыми поступлениями и социальными эффектами (занятость, заработная плата, развитие смежных производств). Публичные рейтинги эффективности, формируемые независимыми аналитическими центрами, должны дополнять ведомственную отчетность и создавать репутационные стимулы для региональных команд.

Инструментарий финансовой координации

Ключевым элементом предлагаемой модели выступает реконфигурация финансовых потоков между уровнями бюджетной системы. Действующий механизм субсидирования создания инфраструктуры индустриальных парков и технопарков (47,5 млрд руб.

Таблица 5

Архитектура модели многоуровневого согласования

Контур	Участники	Инструменты	Периодичность
Стратегический	Межведомственная комиссия	Перспективная схема, макрорегиональные соглашения	Ежегодно
Операционный	Минэкономразвития, регионы	Единая цифровая платформа, стандарты *KPI*	Ежеквартально
Контрольный	Счетная палата, ОНФ	Аудит эффективности, публичные рейтинги	Ежегодно

на 2023–2025 гг. согласно данным Минпромторга) характеризуется высокой степенью дискретности – средства распределяются по конкурсным процедурам без учета системных приоритетов пространственного развития. Альтернативой может служить переход к программному принципу финансирования, при котором субъекты федерации получают трансферты в рамках макрорегиональных соглашений, предусматривающих обязательства по достижению целевых показателей развития промышленной инфраструктуры.

Введенный в 2023 г. механизм специальных казначейских кредитов (ставка 3 %, срок до 15 лет) для финансирования инфраструктуры индустриальных парков демонстрирует востребованность со стороны регионов – поступает заявок на сумму, вдвое превышающую лимит выделенных средств. Вместе с тем доступ к данному инструменту фактически ограничен субъектами с устойчивым бюджетом, способными обслуживать долговые обязательства, что воспроизводит неравенство стартовых условий. Потенциальным решением выступает дифференциация условий кредитования в зависимости от уровня бюджетной обеспеченности региона – вплоть до полного субсидирования процентной ставки для территорий с низким индексом социально-экономического развития.

Промышленная ипотека, запущенная весной 2023 г. для резидентов индустриальных парков, позволяет получить льготное финансирование на строительство или реконструкцию производственных объектов. По данным Минпромторга, за первые 18 месяцев функционирования программы одобряется свыше 200 заявок на общую сумму более 25 млрд руб. Однако анализ географии заемщиков выявляет концентрацию в регионах Центрального и Приволжского федеральных округов, что отражает общую закономерность тяготения инвестиционной активности к территориям с развитой финансовой инфраструктурой и квалифицированными управленческими командами.

Выводы. 1. Проведенное исследование позволяет выявить системные противоречия в архитектуре многоуровневого управления кластерами индустриальных парков и особых экономических зон РФ. Пятикратный рост числа индустриальных площадок за двенадцатилетний период (с 80 до 454 ед.) сопровождается нарастанием региональной концентрации: восемь субъектов-лидеров аккумулируют половину совокупного числа парков и свыше 60 % привлеченных инвестиций, тогда как периферийные территории испытывают хронический дефицит качественной промышленной инфраструктуры. Подобная поляризация противоречит декларируемым целям сбалансированного пространственного развития и требует кардинального пересмотра механизмов координации между федеральным центром и субъектами федерации [20].

2. Институциональный анализ демонстрирует фрагментарность регуляторного ландшафта – полномочия по управлению преференциальными территориями рассредоточены между Минэкономразвития, Минпромторгом, Минвостокразвития и региональными корпорациями развития при отсутствии единого координационного органа. Результатом становится дублирование функций, разрывы информационного обмена, несопоставимость показателей эффективности, затрудненная оценка совокупных бюджетных эффектов льготных режимов. Формирование Межведомственной комиссии по пространственному развитию промышленной инфраструктуры способно устранить указанные дефициты и обеспечить стратегическую согласованность федеральных и региональных приоритетов.

3. Эмпирические данные свидетельствуют о превышении спроса над предложением качественной промышленной инфраструктуры – заполняемость действующих индустриальных парков достигает 85 %, а в регионах-лидерах стабильно превышает 90 %. Вместе с тем структура резидентов не всегда соответствует целям технологического суверенитета: часть площадок заполняется логистическими и торговыми структурами, что размывает промышленный профиль формата. Введение отраслевых ограничений для резидентов индустриальных парков, претендующих на федеральную поддержку, представляется

Таблица 6

Сравнительная характеристика финансовых инструментов поддержки преференциальных территорий

Инструмент	Объем (2024), млрд руб.	Доступность для регионов	Направленность	Ограничения
Субсидии Минпромторга	18,5	Конкурсная	Инфраструктура ИП	Сложность процедур
Специальные казначейские кредиты	45	По заявкам	Транспорт, инженерия	Ставка 3 %, срок 15 лет
Промышленная ипотека	12	Резиденты	Строительство объектов	Требования к проекту
Региональные программы	65	Самостоятельно	Разное	Зависимость от бюджета
ГЧП-механизмы	30	Индивидуально	Крупные объекты	Длительность подготовки

обоснованным шагом к повышению целевой эффективности преференциальных режимов.

4. Предложенная модель многоуровневого согласования интегрирует три контура – стратегический, операционный, контрольный – и предполагает переход от дискретного субсидирования к программному принципу финансирования в рамках макрорегиональных соглашений. Единая цифровая платформа мониторинга, унифицированные ключевые показатели эффективности, публичные рейтинги, формируемые независимыми аналитическими центрами, призваны обеспечить транспарентность и подотчетность системы управления промышленной инфраструктурой. Дифференциация условий финансовой поддержки в зависимости от уровня социально-экономического развития субъекта позволяет сгладить неравенство стартовых условий и стимулировать диффузию формата индустриальных парков в макрорегионы догоняющего развития.

5. Перспективы дальнейших исследований связаны с эконометрической оценкой эффектов перелива (*spillover effects*) от преференциальных территорий на сопредельные муниципалитеты, анализом влияния кластерообразования на региональные инновационные системы, разработкой методологии стресс-тестирования устойчивости индустриальных парков к макроэкономическим шокам. Полученные результаты могут быть использованы при актуализации Стратегии пространственного развития на период после 2025 г., а также при подготовке новой редакции Основ государственной политики регионального развития РФ.

Список литературы

1. *Указ* Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» // Собрание законодательства РФ. 2024. № 20. С. 2585.

2. *Федеральный* закон от 22.07.2005 № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. 2005. № 30 (ч. II). С. 3127.

3. *Федеральный* закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. 2015. № 1 (ч. I). С. 41.

4. *Sosnovskikh S.* Industrial clusters in Russia: The development of special economic zones and industrial parks // Russian Journal of Economics. 2017. Vol. 3. № 2. Pp. 174–199.

5. *Hartwell C. A.* Bringing the benefits of David to Goliath: Special economic zones and institutional improvement // Regional Studies. 2018. Vol. 52. № 10. Pp. 1309–1321.

6. *Gromova E. A.* Model of legal regulation of clusters in the Russian Federation // Russian Journal of Economics and Law. 2024. Vol. 18. № 1. Pp. 121–133.

7. *Обзор* «Индустриальные парки России – 2024». М.: АИП России. 2024. 148 с.

8. *Особые* экономические зоны // Минэкономразвития РФ. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/instrumenty_razvitiya_territoriy/osobye_ekonomicheskie_zony.

9. *Стратегия* пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р) // Собрание законодательства РФ. 2019. № 7. С. 702.

10. *Обзор* «Индустриальные парки России – 2025». М.: АИП России. 2025. 156 с.

11. *Указ* Президента РФ от 16.01.2017 № 13 «Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года» // Собрание законодательства РФ. 2017. № 4. С. 637.

12. *Pilyasov A. N., Kibenko O. V.* Location of Productive Forces in Russia in an Innovation Economy // Regional Research of Russia. 2023. Vol. 13. № 1. Pp. 129–141.

13. *Zemtsov S., Tsareva Yu., Barinova V. A. et al.* Small business in Russia: institutions, market potential, taxes and digitalization // Post-Communist Economies. 2022. Vol. 34. № 8. Pp. 1029–1058.

14. *Рейтинг* индустриальных парков и особых экономических зон – 2024 // Аналитический центр «Эксперт». URL: https://expert.ru/rating/arkhiv_r/ekonomikar/reyting-industrialnykh-parkov-i-osobykh-ekonomicheskikh-zon/.

15. *Bobek V., Streltsov V., Horvat T.* Policies for Improving the Efficiency of Innovative Clustering in an Emerging Market // Innovation, Research and Development and Capital Evaluation. 2024.

16. *Danja I. I., Wang X.* Matching comparative advantages to special economic zones for sustainable industrialization // Heliyon. 2024. Vol. 10. № 14.

17. *Указ* Президента РФ от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. 2024. № 10. С. 1356.

18. *Volkov A. D., Roslyakova N. A., Vasilieva N. A.* et al. Preferential Regime of the Russian Arctic: Tendencies and First Results from Realization of the World's Largest Special Economic Zone // Journal of Risk and Financial Management. 2024. Vol. 17. № 1.

19. *Клейнер Г. Б.* Кластерная политика: монография. М.: ИНФРА-М. 2023. 328 с.

20. *Распоряжение* Правительства РФ от 28.12.2024 № 4146-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Собрание законодательства РФ. 2025. № 1.

References

1. *O nacional'nyh celyah razvitiya RF na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda* [On the national development Goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the future up to 2036]. Decree of the President of the Russian Federation no. 309 dated 07.05.2024.

2. *Ob osobyh ekonomicheskih zonah v Rossijskoj Federacii* [About special economic zones in the Russian Federation]. Federal Law no. 116-FZ dated 22.07.2005.

3. *O promyshlennoj politike v Rossijskoj Federacii* [On industrial policy in the Russian Federation]. Federal Law no.488-FZ dated 31.12.2014.

4. Sosnovskikh S. Industrial clusters in Russia: The development of special economic zones and industrial parks. *Russian Journal of Economics*, 2017, vol. 3, no. 2, pp. 174–199.

5. Hartwell C. A. Bringing the benefits of David to Goliath: Special economic zones and institutional improvement. *Regional Studies*, 2018, vol. 52, no. 10, pp. 1309–1321.

6. Gromova E. A. Model of legal regulation of clusters in the Russian Federation. *Russian Journal of Economics and Law*, 2024, vol. 18, no. 1, pp. 121–133.

7. *Obzor «Industrial'nye parki Rossii – 2024»* [Review of «Industrial Parks of Russia – 2024»]. Moscow, Association of Industrial Parks of Russia, 2024, 148 p.

8. Special economic zones. *Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii*, available at: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/instrumenty_razvitiya_territoriy/osobye_ekonomicheskie_zony.

9. Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025. *Collection of legislation of the Russian Federation*, 2019, no. 7, pp. 702.

10. *Obzor «Industrial'nye parki Rossii – 2025»* [Review of «Industrial Parks of Russia – 2025»]. Moscow, Association of Industrial Parks of Russia, 2025, 156 p.

11. *Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoj politiki regional'nogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda* [On approval of the Fundamentals of the State Policy of Regional Development of the Russian Federation for the period up to 2025]. Decree of the President of the Russian Federation no. 4.

12. Pilyasov A. N., Kibenko O. V. Location of Productive Forces in Russia in an Innovation Economy. *Regional Research of Russia*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 129–141.

13. Zemtsov S., Tsareva Yu, Barinova V. A. et al. Small business in Russia: institutions, market potential, taxes and digitalization. *Post-Communist Economies*, 2022, vol. 34, no. 8, pp. 1029–1058.

14. Rating of industrial parks and special economic zones – 2024. *Analytical center «Expert»*, available at: https://expert.ru/rating/arkhiv_r/ekonomikar/reyting-industrialnykh-parkov-i-osobykh-ekonomicheskikh-zon.

15. Bobek V., Streltsov V., Horvat T. Policies for Improving the Efficiency of Innovative Clustering in an Emerging Market. *Innovation, Research and Development and Capital Evaluation*, 2024.

16. Danja I. I., Wang X. Matching comparative advantages to special economic zones for sustainable industrialization. *Heliyon*, 2024, vol. 10, no. 14.

17. *O Strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii* [On the Strategy of Scientific and technological Development of the Russian Federation]. Decree of the President of the Russian Federation no. 145 dated 28.02.2024.

18. Volkov A. D., Roslyakova N. A., Vasilieva N. A. et al. Preferential Regime of the Russian Arctic: Tendencies and First Results from Realization of the World's Largest Special Economic Zone. *Journal of Risk and Financial Management*, 2024, vol. 17, no. 1.

19. Kleyner G. B. *Klasternaya politika* [Cluster policy: a monograph]. Moscow, INFRA-M, 2023, 328 p.

20. *Ob utverzhdenii Strategii prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda* [On the approval of the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030]. Order of the Government of the Russian Federation no. 4146-r dated 28.12.2024.

УДК 339.138:339.56

М. П. БОНДАРЕНКО, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: mpbondarenko@fa.ru

M. P. Bondarenko (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Цифровые маркетинговые способности и адаптация компаний к реконфигурации трансграничных торговых потоков: эмпирические свидетельства рынков ЕАЭС

Digital marketing capabilities and firm adaptation to reconfiguration of cross-border trade flows: Empirical evidence from EAEU markets

Перестройка международных торговых маршрутов и нарастание регионального интеграционного импульса в пространстве Евразийского экономического союза ставят перед компаниями задачу качественного пересмотра маркетинговых компетенций. В статье рассматривается вопрос о том, какую роль цифровые маркетинговые способ-

ности (digital marketing capabilities, DMC) играют в поддержании конкурентных позиций фирм, когда внешнеторговая среда резко меняет конфигурацию. Цель данной работы – раскрыть структуру DMC и выяснить, за счет чего именно эти способности влияют на результативность компаний потребительского и B2B-сектора на рынках ЕАЭС. Методологически работа опирается на анкетирование 214 компаний из России, Казахстана и Беларуси с последующей обработкой данных методом структурного моделирования (PLS-SEM); параллельно выполнен контент-анализ корпоративных маркетинговых стратегий 30 экспортно ориентированных предприятий. Эмпирическая база покрывает период 2022–2025 гг. Получены свидетельства того, что DMC оказывают самостоятельный и значимый эффект на финансовые показатели фирм – поверх вклада классических маркетинговых способностей, причем решающим модератором оказывается глубина интеграции компании в трансграничные цифровые платформы. Обнаружено, в частности, что активное применение аналитических инструментов (предиктивное моделирование, ML-сегментация) увеличивает рентабельность маркетинговых вложений на 17–29 % – разброс определяется отраслевой спецификой. С практической стороны, результаты позволяют предложить типологию адаптационных стратегий и набор рекомендаций по расстановке приоритетов цифровых маркетинговых инвестиций в контексте региональной интеграции.

The restructuring of international trade routes and the growing momentum of regional integration within the Eurasian Economic Union (EAEU) are challenging companies to fundamentally reassess their marketing competencies. This article examines the role digital marketing capabilities (DMC) play in maintaining firms' competitive positions in a rapidly changing foreign trade environment. The study aims to uncover the structure of DMC and elucidate how these capabilities influence the performance of consumer and B2B companies in the EAEU markets. The study's methodological basis is a survey of 214 companies from Russia, Kazakhstan and Belarus, followed by data processing using a PLS-SEM modeling approach. A content analysis of the corporate marketing strategies of 30 export-oriented enterprises is also conducted. The empirical base covers the period 2022–2025. Evidence is obtained that DMC has an independent and significant effect on firms' financial performance, over and above the contribution of classic marketing capabilities, with the depth of a company's integration into cross-border digital platforms proving to be a decisive moderator. Specifically, it is found that the active use of analytical tools (predictive modeling, ML segmentation) increases the return on marketing investments by 17–29 %, with the variation determined by industry specifics. From a practical perspective, the results allow us to propose a typology of adaptation strategies and a set of recommendations for prioritizing digital marketing investments in the context of regional integration.

Ключевые слова: цифровые маркетинговые способности; трансграничная торговля; ЕАЭС; конкурентоспособность; маркетинговая аналитика; адаптация стратегий; региональная интеграция.

Keywords: digital marketing capabilities; cross-border trade; EAEU; competitiveness; marketing analytics; adaptation of strategies; regional integration.

Торговая система мира меняется быстрее, чем большинство компаний успевают к этому приспособиться. Логистические цепочки перекраиваются, региональные блоки набирают вес, а цифровые каналы сбыта за последние 3–4 года из дополнительной опции превращаются в несущую конструкцию коммерческих операций. Евразийский экономический союз – пять экономик с совокупным ВВП больше 2,4 трлн долларов – в этих условиях становится своего рода полигоном: здесь компании одновременно осваивают новые модели координации торговой политики и перестраивают маркетинг под реалии ограниченного доступа к западным рынкам [1]. Стратегические направления развития евразийской интеграции до 2025 г. прямо предусматривают формирование единого цифрового пространства, и эта институциональная рамка задает коридор, внутри которого бизнес ищет инструменты коммуникации с потребителями и партнерами. Здесь не лишним будет вспомнить, что таможенная интеграция Европейского союза – гармонизация нормативной базы, создание действительно единого рынка – по-прежнему служит ориентиром для постсоветских объединений, хотя механический перенос опыта ЕС затруднен: институциональное устройство и масштабы экономик участников слишком различаются [2].

Дискуссия о маркетинговых способностях как факторе конкурентного преимущества тянется с начала девяностых. В ее основе – ресурсная теория фирмы, где маркетинговые способности понимаются

как сплав навыков и знаний, вшитых в организационные процессы и превращающих ресурсы компании в потребительскую ценность [3]. Уже к началу 2010-х гг. проблема сформулирована жестко: маркетинговые подразделения захлебываются в потоках цифровых данных, а привычные процессы не справляются ни с их объемом, ни с темпом поступления [4]. Позднее обзор четвертьвекового массива публикаций по организации маркетинга фиксирует, что конфигурация способностей, корпоративная культура и кадровый потенциал маркетинговых команд активируются через семь типов активности – модель 7A, – покрывающих антиципацию рыночных сдвигов, адаптацию стратегии, выстраивание организации под рынок, реализацию замыслов и подотчетность по результатам [5]. Но вот что любопытно: цифровой компонент маркетинговых способностей долго остается, по сути, черным ящиком. Исследователи разбирают отдельные каналы – соцсети, мобильные приложения, контент, – не пытаясь собрать из них цельную конструкцию [6].

Перелом наступает, когда появляются данные, напрямую показывающие: цифровые маркетинговые способности (*DMC*) увеличивают прибыльность фирм сверх того, что дают классические маркетинговые компетенции (*CMC*), и что взаимодополняемость *DMC* и *CMC* сильно зависит от организационного устройства и среды, в которой действует компания [7]. Одновременно начинает вырисовываться концепция международных динамических маркетинговых способностей (*IDMC*), где стратегические, операционные, аналитические измерения и компонент создания ценности объединены в единую рамку, специально заточенную под фирмы, работающие за рубежом [8]. Стоит отметить и систематический обзор двадцати эмпирических работ в русле динамических способностей – он показывает, что среди частых предшественников международных маркетинговых способностей выделяются межорганизационные компетенции и рыночная ориентация, а среди типичных следствий – экспортная результативность и финансовые метрики [9]. Если же переключиться на трансграничную электронную коммерцию, т. е. убедительные свидетельства того, что стратегические ориентации фирм – рыночная, предпринимательская, технологическая – определяют выбор цифровых маркетинговых тактик и через этот механизм влияют на международные бизнес-результаты малых электронных ритейлеров [10].

Цель данной работы – вскрыть структуру *DMC* и оценить их вклад в конкурентоспособность компаний, действующих в условиях перестройки трансграничной торговли на рынках ЕАЭС. Конкретные задачи: выстроить типологию *DMC* с учетом специфики интегрированных рынков, количественно измерить связь *DMC* с финансовыми показателями, а также определить, как именно цифровая инфраструктура и торгово-регуляторные барьеры модерируют эту связь.

Материалы и методы исследования

Работа построена по логике смешанного дизайна. Количественное ядро – структурированный опрос руководителей маркетинговых подразделений и коммерческих директоров компаний из трех крупнейших экономик ЕАЭС (Россия, Казахстан, Беларусь), проведенный с января по октябрь 2025 г. Выборку строят через стратифицированный случайный отбор по двум осям: отрасль (потребительские товары, *B2B*-услуги) и размер (средние – от 51 до 250 сотрудников, крупные – свыше 250). В итоге удается собрать 214 пригодных анкет, что дает *rate* ответов 31,4 %. Измерительный инструмент базируется на шкалах *DMC* и *CMC*, прошедших проверку в ранних межотраслевых исследованиях [7]; дополнительно разработаны авторские блоки для оценки интеграции в трансграничные цифровые платформы и субъективного восприятия торгово-регуляторных барьеров. Обработка – через частичные наименьшие квадраты (*PLS-SEM*) в *SmartPLS 4.0*; выбор метода продиктован прогностическим характером модели и не самой большой выборкой. Качественная часть – контент-анализ маркетинговых стратегий 30 экспортно ориентированных фирм, отобранных из открытых корпоративных отчетов и публичных интервью их руководителей за 2022–2025 гг. Единицы анализа – типы цифровых инструментов, модели ценообразования, каналы трансграничного продвижения. Временной горизонт данных совпадает с периодом резкого переключения торговых потоков и массового внедрения цифровых торговых платформ в ЕАЭС.

Результаты исследования и их обсуждение

Структура цифровых маркетинговых способностей: факторный анализ

Эксплораторный факторный анализ (*EFA*) двадцати восьми индикаторов *DMC* дает четыре устойчивых компонента – в сумме 71,3 % дисперсии. Первый и самый «тяжелый» фактор – аналитические способности: маркетинговая аналитика, *big data*, предиктивные модели потребительского поведения. На его долю приходится 24,6 % дисперсии. Второй – способности цифрового продвижения, т. е. управление контентом, таргет, *SMM*, *SEO/SEM*; он объясняет 19,8 %. Третий фактор авторы обозначают как цифровое клиентское

взаимодействие – *CRM*, чат-боты, персонализация, омниканальная координация – 15,2 %. И, наконец, четвертый – управление цифровыми каналами: маркетплейсы, трансграничные платформы, мультиканальное ценообразование – 11,7 % (см. табл. 1).

Таблица 1

Структура *DMC*: результаты факторного анализа (n = 214)

Компонент *DMC*	Число индикаторов	Доля дисперсии, %	α Кронбаха	*AVE*
Аналитические способности	8	24,6	0,89	0,61
Способности цифрового продвижения	8	19,8	0,86	0,57
Цифровое клиентское взаимодействие	7	15,2	0,84	0,54
Управление цифровыми каналами	5	11,7	0,81	0,52
Итого	**28**	**71,3**	–	–

Далее – конфирматорный анализ (*CFA*). Четырехфакторная модель подходит для анализа этих данных: *SRMR* = 0,058; *NFI* = 0,91. Факторные нагрузки сплошь выше 0,65 – конвергентная валидность на месте. Дискриминантную проверяют по Форнеллу-Ларкеру: квадратный корень *AVE* каждого конструкта превышает межфакторные корреляции. Результат, пожалуй, неожиданный: доминирует не промо, не контент и не соцсети, а именно аналитика. Это перекликается с аргументом о том, что цифровые маркетинговые активности порождают данные существенно большего объема, разнообразия и скорости, чем классические маркетинговые процессы, – и именно умение с этими данными работать создает разницу [7].

Влияние DMC на финансовые показатели: результаты PLS-SEM

В структурной модели тестируются прямые и медиированные связи четырех компонентов *DMC*, классических маркетинговых способностей (*CMC*) и двух зависимых переменных – рентабельности продаж (*ROS*) и роста выручки. Контроли: размер фирмы, отрасль, страна, стаж работы на рынках ЕАЭС (см. табл. 2).

Итак, все четыре компонента *DMC* значимо и положительно связаны с *ROS*. Максимальный размер эффекта – у аналитических способностей (β = 0,234) и управления каналами (β = 0,176). Здесь важно не упустить цифру: *DMC* суммарно добавляют к объясненной дисперсии *ROS* еще 16,4 п. п. сверх того, что дает *CMC*. Иными словами, дело не в том, что компании «оцифровывают» старый маркетинг, – *DMC* работают как отдельный источник ценности [7]. Что касается роста выручки, картина еще более выразительная: лидируют аналитические *DMC* (β = 0,287). Объяснение, на взгляд авторов, лежит на поверхности – предиктивные модели позволяют ловить быстро мигрирующие потребительские сегменты, а в условиях турбулентного перераспределения торговых потоков это почти буквально «деньги на столе».

Таблица 2

Результаты *PLS-SEM*: влияние *DMC* и *CMC* на финансовые показатели

Путь	β	*t*-статистика	*p-value*	f^2
Аналитические *DMC* → *ROS*	0,234	3,87	< 0,001	0,072
Цифровое продвижение → *ROS*	0,148	2,41	0,016	0,031
Клиентское взаимодействие → *ROS*	0,119	1,96	0,05	0,019
Управление каналами → *ROS*	0,176	2,89	0,004	0,042
CMC → *ROS*	0,201	3,22	0,001	0,054
Аналитические *DMC* → Рост выручки	0,287	4,51	< 0,001	0,098
Управление каналами → Рост выручки	0,211	3,34	0,001	0,058
CMC → Рост выручки	0,163	2,52	0,012	0,034
Примечание. R^2 (*ROS*) = 0,41; R^2 (Рост выручки) = 0,38; $Q^2 > 0{,}25$ для обоих показателей				

Модерирующая роль цифровой инфраструктуры и регуляторных барьеров

Чтобы понять, в каких условиях *DMC* «выстреливают» сильнее, а в каких – буксуют, авторы добавляют в модель два модератора. Первый – интеграция в трансграничные цифровые платформы (ИТЦП): есть ли продажи через маркетплейсы стран-партнеров, какая доля выручки приходится на трансграничные цифровые каналы, насколько автоматизированы логистические интерфейсы. Второй – воспринимаемые торгово-регуляторные барьеры (ТРБ): субъективная оценка сложности таможни, сертификации, валютного режима (см. табл. 3).

Что вытекает из цифр? Интеграция в трансграничные платформы действительно усиливает позитивный эффект и аналитических *DMC*, и канальных способностей. Компании, у которых больше 15 % выручки проходит через трансграничные цифровые каналы, получают от вложений в маркетинговую аналитику на 22 % более высокий прирост *ROS*, чем фирмы, замкнутые на внутренний рынок. Обратная сторона медали – регуляторные барьеры. Они бьют в первую очередь по способностям цифрового

Таблица 3

Модерирующие эффекты ИТЦП и ТРБ на связь *DMC* → результативность

Взаимодействие	β	*t*	*p*	Интерпретация
Аналитич. *DMC* × ИТЦП → *ROS*	0,132	2,28	0,023	Усиление эффекта при высокой интеграции
Упр. каналами × ИТЦП → Рост выручки	0,158	2,67	0,008	Усиление эффекта при высокой интеграции
Цифр. продвижение × ТРБ → *ROS*	–0,109	2,01	0,045	Ослабление эффекта при высоких барьерах
Аналитич. *DMC* × ТРБ → Рост выручки	–0,076	1,34	0,181	Незначим

продвижения: таргетированная реклама и контент-стратегии теряют в результативности, когда правила игры в каждой стране-партнере свои, приходится переделывать креативы, платежные формы, условия доставки, и транзакционные издержки съедают эффект масштаба [11].

Страновые и отраслевые различия в DMC

MANOVA дает значимые различия по обеим осям – стране и отрасли. У российских компаний самые высокие средние по аналитике и цифровому продвижению. Казахстан, что несколько неожиданно, вырывается вперед в управлении каналами – тут, по всей видимости, сказываются раннее внедрение мобильных платежных экосистем и агрессивная экспансия маркетплейсов вроде *Kaspi* и *Wildberries KZ*. Беларусь замыкает тройку по всем компонентам (см. табл. 4).

Таблица 4

Средние значения компонентов *DMC* по странам (шкала 1–7)

Компонент *DMC*	Россия (n = 127)	Казахстан (n = 56)	Беларусь (n = 31)	*F*	*p*
Аналитические способности	4,82	4,34	3,61	11,47	< 0,001
Цифровое продвижение	5,11	4,67	3,89	8,93	< 0,001
Клиентское взаимодействие	4,56	4,41	3,74	5,28	0,006
Управление каналами	4,19	4,72	3,52	9,61	< 0,001

Отраслевой срез тоже показателен. *B2B*-компании обходят производителей потребительских товаров по аналитике (M = 4,91 против 4,37; p = 0,003), зато *FMCG*-сектор лидирует в способностях цифрового продвижения (M = 5,24 против 4,43; p < 0,001). Логика тут ясная и вписывается в результаты исследований цифровых бизнес-способностей: *B2B*-фирмы живут длинными циклами принятия решений и дорогим привлечением контрагентов – им без аналитики никуда; в *B2C*-сегменте критичны скорость масштабирования и охват [12].

Типология адаптационных маркетинговых стратегий

Контент-анализ тридцати экспортно ориентированных компаний выявляет три устойчивые модели адаптации к перестройке торговых потоков (см. табл. 5). Первая – платформенная: компания концентрирует маркетинг на мультиканальных маркетплейсах стран ЕАЭС (*Ozon*, *Wildberries*, *Kaspi*), сводя к минимуму собственную инфраструктуру. Вторая – локализационная: глубокая кастомизация продуктов и коммуникаций под каждый национальный рынок, вплоть до языка, ценовой линейки и ассортимента. Третья – гибридная: платформенное присутствие дополняется собственными *D2C*-каналами (*direct-to-consumer*) и партнерскими программами с локальными дистрибьюторами.

Самая высокая медианная рентабельность – у гибридной модели (*ROS* = 9,1 %), и это хорошо ложится на идею комплементарности цифровых и классических маркетинговых способностей [7]. «Компа-

Таблица 5

Типология адаптационных маркетинговых стратегий компаний ЕАЭС

Параметр	Платформенная	Локализационная	Гибридная
Основной канал	Маркетплейсы ЕАЭС	Собственные цифровые каналы	Маркетплейсы + *D2C*
Доля трансграничных продаж	25–40 %	10–20 %	30–50 %
Инвестиции в маркетинг, % от выручки	4–6 %	8–12 %	6–9 %
Средний *ROS*	7,2 %	5,8 %	9,1 %
Преобладающий компонент *DMC*	Управление каналами	Цифровое продвижение	Аналитические способности
Доля в выборке (n = 30)	37 %	27 %	36 %

нии-гибриды» больше вкладывают в аналитику, за счет чего могут оперативно перебрасывать трафик между каналами, реагируя на колебания спроса или регуляторные новации. Платформенная модель привлекательна быстрым выходом на рынки партнеров при минимальных стартовых затратах, но создает зависимость от политики маркетплейса и сужает возможности дифференциации. Локализационная стоит дороже всех, однако выстраивает устойчивое преимущество через глубину клиентских отношений.

Эффективность цифровых маркетинговых инструментов по сегментам

Кластерный анализ (метод Уорда, затем верификация *k*-средними) разбивает выборку на три группы по уровню *DMC*: лидеры ($n = 54$), середняки ($n = 102$), отстающие ($n = 58$). Сравнение финансовых метрик (см. табл. 6) обнажает любопытный нелинейный эффект: пропасть между отстающими и серединой куда глубже, чем между серединой и лидерами. Это наводит на мысль о пороговом уровне цифровых маркетинговых инвестиций – ниже него положительный возврат, по сути, не материализуется.

Таблица 6

Финансовые показатели компаний по кластерам *DMC*

Показатель	Лидеры ($n = 54$)	Середняки ($n = 102$)	Отстающие ($n = 58$)	η^2
ROS, % (медиана)	10,3	7,1	3,8	0,19
Рост выручки, % (медиана)	18,4	11,2	4,6	0,22
ROI маркетинга (медиана)	3,41	2,17	1,24	0,16
Доля трансграничных продаж, %	34	19	7	0,24

У лидеров отличия не только количественные – они качественные. Доля аналитики и автоматизации в маркетинговом бюджете достигает 38 % против 17 % у отстающих; на традиционные медиа уходит 12 % (у отстающих – все 41 %). По существу, лидеры уже переходят от ценовой конкуренции к конкуренции на данных: они формируют уникальные предложения на микросегментном уровне, и это особенно ценно там, где потребительские предпочтения от страны к стране сильно расходятся [13]. О роли платформенной инфраструктуры в расширении международного присутствия говорят и данные по сетевым позициям продавцов: фирмы, занимающие брокерские позиции в межфирменных сетях трансграничных платформ, де-факто получают рыночную информацию, эквивалентную физическому присутствию за рубежом [14].

Отдельно стоит остановиться на эффекте «создания рынка» (*effectual market creation*), который авторы фиксируют у компаний-лидеров. Вместо того чтобы подстраиваться под уже артикулированный спрос, они формируют его сами – через стриминги, интерактивные каталоги, *gamification*-механики [15]. Такой подход оказывается наиболее продуктивным именно в условиях неопределенности, характерной для текущего переходного периода, когда стандартные маркетинговые стратегии теряют прогностическую точность. Параллельно мультиканальная среда требует системной координации: как показывают данные по малым и средним предприятиям, инновационность, проактивность и управленческая компетентность менеджмента – вот что определяет успех цифрового маркетинга в МСП, тогда как крупные фирмы способны перекрыть нехватку проактивности масштабом аналитических мощностей [16]. Для стран ЕАЭС, пожалуй, одна из самых острых нерешенных задач – создание единой методологической базы для оценки эффективности цифровых маркетинговых вложений, которая учитывала бы и разнородность регуляторных сред, и разрывы в зрелости цифровой инфраструктуры между странами-участницами [17].

Выводы. 1. Эмпирика, собранная в рамках этого исследования, подтверждает: цифровые маркетинговые способности – это не просто цифровая обертка для классического маркетинга. Они действуют как самостоятельный фактор конкурентоспособности на интегрированных рынках ЕАЭС, и редуцировать их к «оцифровке» традиционных процессов было бы ошибкой. Четырехкомпонентная структура *DMC* – аналитика, продвижение, клиентское взаимодействие, управление каналами – оказывается устойчивой и по странам, и по отраслям; при этом аналитическая составляющая вытягивает на себе основную объяснительную нагрузку в отношении и рентабельности, и выручки. Этот результат рифмуется с тем, что фиксируют ведущие зарубежные группы, – ценность маркетинговых функций смещается от операционного исполнения к умению генерировать и интерпретировать данные, – и одновременно показывает, что закономерность работает и на рынках с другой институциональной матрицей.

2. Модерация вскрывает двойственную природу среды. С одной стороны, интеграция в трансграничные платформы усиливает возврат от аналитических и канальных *DMC*. С другой – регуляторные барьеры гасят эффективность инструментов цифрового продвижения. Для управленца вывод прямой: если регуляторный ландшафт ЕАЭС неоднороден (а он неоднороден), разумнее наращивать аналитическую и платформенно-канальную инфраструктуру, а не увеличивать рекламные бюджеты. Типология стратегий

говорит в пользу гибридной модели – она сочетает маркетплейсы с *D2C*-каналами и дает наивысший медианный *ROS* (9,1 %), потому что позволяет гибко перенаправлять трафик и глубоко сегментировать аудиторию.

3. Кластерный анализ по уровню *DMC* обнажает нелинейность отдачи. Переход из кластера отстающих в середину сопровождается кратным улучшением финансовых метрик; дальнейшее наращивание *DMC* дает все меньше дополнительной прибыли. Из этого следует, что существует порог цифровых маркетинговых инвестиций: ниже него компании фактически не получают отдачи, выше – нужна уже совершенно другая организационная конфигурация, предполагающая сращивание маркетинговых, *IT*- и аналитических подразделений. Страновой разрез обнаруживает неравномерную готовность экономик ЕАЭС к такой трансформации: Казахстан лидирует по канальным *DMC* благодаря развитой платежной и платформенной среде, Россия – по аналитике и продвижению, Беларусь ощутимо отстает по всем направлениям, и здесь без целенаправленной политики поддержки ситуация вряд ли выправится сама.

4. Перспективы связаны с лонгитюдным отслеживанием динамики *DMC* по мере того, как интеграционные процессы в ЕАЭС будут углубляться, с анализом того, как искусственный интеллект перекраивает маркетинговую аналитику, а также с расширением выборки на Армению и Кыргызстан. Прикладная ценность полученных результатов – в обосновании дифференцированного подхода к инвестициям в цифровые маркетинговые способности, учитывающего и отраслевую специфику, и страновой контекст, и то, какую адаптационную модель компания избирает.

Список литературы

1. *Tchanturia N., Dalakishvili R., Mushkudiani Z., Gulua E.* Implementing of digital models in marketing, impact and perspectives // Journal of Eastern European and Central Asian Research. 2024. Vol. 11. № 3. Pp. 452–464.

2. *Джаохадзе Е. Д., Синельникова-Мурылева Е. В.* Факторы жесткости цен онлайн-ретейлеров и структурные сдвиги // Вопросы экономики. 2024. № 9. С. 28–49.

3. *Азоев Г. Л.* Нерешенные проблемы российского маркетинга // Российский журнал менеджмента. 2025. Т. 23. № 2. С. 183–202.

4. *Kryuchkova N. A., Grankina S. V.* Modern digital marketing trends // Proceedings of the XI International Scientific Conference «Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities». 2024. Pp. 71–77.

5. *Shumkova O., Shumkova V., Krasnik A.* et al. Harnessing information systems for crafting and enhancing marketing strategies in promoting products and services effectively // Multidisciplinary Science Journal. 2024. Vol. 6. Art. 2024ss0731.

6. *Litovka-Demenina S., Tsepkalo T., Saichuk V.* et al. Current advertising approaches in tourism: effects on consumer behaviour and the advancement of tourism activities // Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias. 2025. Vol. 4. Art. 1306.

7. *Тимербулатова К. Ю.* Сигнальная роль рекламы в блогах лидеров мнений в социальных сетях // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2024. № 5. С. 101–129.

8. *Babics I., Jermolajeva E.* Development of social platforms and new opportunities in digital marketing // Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly. 2024. № 41. Pp. 22–39.

9. *Марценюк А. О., Мирзоян А. Г., Лавриненко П. А.* Факторы потребительского выбора маркетплейса для онлайн-покупок // Управленец. 2025. Т. 16. № 3. С. 92–108.

10. *Liu G., Zhu Y.* A study on the impact of digital marketing strategies on consumers' purchase intention – a case study of social media advertising // Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2024. Vol. 9. № 1.

11. *Vasylyshyna L., Yahelska K., Aldankova H., Liashuk K.* Development of marketing research technologies as the basis of a socially responsible marketing strategy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 5. № 13 (131). Pp. 76–85.

12. *Кузьминов Я. И., Кручинская Е. В.* Драйверы потребительского выбора на маркетплейсах для российского населения: экономия средств и ассортиментное разнообразие // Проблемы прогнозирования. 2025. № 6 (213). С. 95–107.

13. *Greenwood J., Ma Yu., Yorukoglu M.* «You will»: a macroeconomic analysis of digital advertising // Review of Economic Studies. 2024.

14. *Tataryntseva Yu., Kryvobok R.* Defining patterns in the implementation of digital marketing of innovative products in order to improve the level of financial results // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 4. № 13 (130). Pp. 110–117.

15. *Zhou Yu.* A study of social media influencer marketing strategy adjustment based on big data analysis // Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2024. Vol. 9. № 1.

16. *Елфимова А. Д., Малиева Ф. Г., Пашаходжаева Д. Д.* Цифровой маркетинг как инструмент продвижения регионов // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. № 8. С. 1232–1241.

17. *Sak T., Mylko I., Ivashko O.* et al. How the digital economy is revolutionizing marketing management and driving sustainable development // Sustainability. 2025. Vol. 17. № 3. Art. 1130.

References

1. Tchanturia N., Dalakishvili R., Mushkudiani Z., Gulua E. Implementing of digital models in marketing, impact and perspectives. *Journal of Eastern European and Central Asian Research*, 2024, vol. 11, no. 3, pp. 452–464.

2. Dzhaokhladze E. D., Sinel'nikova-Muryleva E. V. Price rigidity factors of online retailers and structural shifts. *Voprosy Ekonomiki*, 2024, no. 9, pp. 28–49.

3. Azoev G. L. Unresolved problems of Russian marketing. *Russian Journal of Management*, 2025, vol. 23, no. 2, pp. 183–202.

4. Kryuchkova N. A., Grankina S. V. Modern digital marketing trends. *Proceedings of the XI International Scientific Conference «Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities»*, 2024, pp. 71–77.

5. Shumkova O., Shumkova V., Krasnik A. et al. Harnessing information systems for crafting and enhancing marketing strategies in promoting products and services effectively. *Multidisciplinary Science Journal*, 2024, vol. 6, art. 2024ss0731.

6. Litovka-Demenina S., Tsepkalo T., Saichuk V. et al. Current advertising approaches in tourism: effects on consumer behaviour and the advancement of tourism activities. *Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias*, 2025, vol. 4, art. 1306.

7. Timerbulatova K. Yu. The signaling role of advertising in opinion leaders' blogs on social networks. *The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*, 2024, no. 5, pp. 101–129.

8. Babics I., Jermolajeva E. Development of social platforms and new opportunities in digital marketing. *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*, 2024, no. 41, pp. 22–39.

9. Martsenyuk A. O., Mirzoyan A. G., Lavrinenko P. A. Consumer choice factors for online marketplace purchases. *The Manager*, 2025, vol. 16, no. 3, pp. 92–108.

10. Liu G., Zhu Y. A study on the impact of digital marketing strategies on consumers' purchase intention – a case study of social media advertising. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 2024, vol. 9, no. 1.

11. Vasylyshyna L., Yahelska K., Aldankova H., Liashuk K. Development of marketing research technologies as the basis of a socially responsible marketing strategy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024, vol. 5, no. 13 (131), pp. 76–85.

12. Kuz'minov Ya. I., Kpuchinaskaya E. V. Consumer choice drivers on marketplaces for the Russian population: cost savings and assortment diversity. *Studies on Russian Economic Development*, 2025, no. 6 (213), pp. 95–107.

13. Greenwood J., Ma Yu., Yorukoglu M. «You will»: a macroeconomic analysis of digital advertising. *Review of Economic Studies*, 2024.

14. Tataryntseva Yu., Kryvobok R. Defining patterns in the implementation of digital marketing of innovative products in order to improve the level of financial results. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024, vol. 4, no. 13 (130), pp. 110–117.

15. Zhou Yu. A study of social media influencer marketing strategy adjustment based on big data analysis. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 2024, vol. 9, no. 1.

16. Elfimova A. D., Malieva F. G., Pashahodzhayeva D. D. Digital marketing as a tool for regional promotion. *Vestnik MGSU*, 2025, vol. 20, no. 8, pp. 1232–1241.

17. Sak T., Mylko I., Ivashko O. et al. How the digital economy is revolutionizing marketing management and driving sustainable development. *Sustainability*, 2025, vol. 17, no. 3, art. 1130.

УДК 336.64:339.5

С. А. ТРОНИН, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: tron1977@rambler.ru
S. A. Tronin (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Трансформация корпоративных финансовых стратегий российских промышленных компаний в условиях реструктуризации внешнеторговых связей

Transformation of corporate financial strategies of Russian industrial companies in the context of restructuring of foreign trade relations

В фокусе работы – то, как корпоративные финансовые стратегии российской промышленности перестраиваются вслед за радикальным сдвигом географии внешней торговли в 2022–2025 гг. Сам масштаб изменений говорит за себя: азиатское направление перетягивает на себя свыше 70 % экспорта, и компаниям приходится на ходу менять инструментарий торгового финансирования, пересматривать валютную политику, перекраивать инвестиционные планы. Строится типология адаптивных финансовых стратегий и замеряется, насколько каждая из них срабатывает по ключевым финансовым метрикам. Методологический каркас: сравнительный финансовый анализ отчетности 42 крупнейших промышленных компаний за 2021–2025 гг., кластеризация стратегических моделей (k-средних) и регрессионное моделирование детерминант рентабельности капитала с отраслевыми фиксированными эффектами. В итоге удается вычленить четыре устойчивых типа стратегий: экспортно-диверсификационный, импортозамещающий,

интеграционный (с опорой на ЕАЭС) и инерционный. Те компании, которые идут по пути экспортной диверсификации и параллельно перестраивают расчетно-платежную инфраструктуру, наращивают рентабельность задействованного капитала (ROCE) на 3,7 п. п. относительно 2021 г. Полученная картина указывает на складывание принципиально иной модели корпоративной финансовой архитектуры – модели, контуры которой задает логика переориентации торговых потоков и механизмы евразийской экономической интеграции.

The study focuses on how corporate financial strategies in Russian industry are restructured following a radical shift in the geography of foreign trade in 2022–2025. The sheer scale of the changes speaks for itself: Asia absorbed over 70 % of exports, forcing companies to rapidly adapt their trade finance tools, revise their currency policies, and redesign their investment plans. The goal of the study is to construct a typology of adaptive financial strategies and measure the performance of each strategy across key financial metrics. The methodological framework includes a comparative financial analysis of the financial statements of 42 major industrial companies for 2021–2025, clustering of strategic models (k-means) and regression modeling of return on equity determinants with industry fixed effects. As a result, four stable strategy types are identified: export-diversification, import-substitution, integration (with a focus on the EAEU) and inertial. Those companies that embraced export diversification and simultaneously restructured their payment and settlement infrastructure increased their return on capital employed (ROCE) by 3,7 percentage points compared to 2021. The resulting picture points to the emergence of a fundamentally different model of corporate financial architecture – a model whose contours are determined by the logic of reorienting trade flows and the mechanisms of Eurasian economic integration.

Ключевые слова: корпоративные финансовые стратегии; внешнеторговая реструктуризация; торговое финансирование; промышленные компании; ЕАЭС; валютная политика; рентабельность капитала.

Keywords: corporate financial strategies; foreign trade restructuring; trade finance; industrial companies; EAEU; currency policy; return on equity.

Трехлетие 2022–2025 гг. становится для российской промышленности чем-то вроде стресс-теста на выживание – только не лабораторного, а вполне реального. Координированные торговые и финансовые ограничения задевают, по разным подсчетам, от двух третей до трех четвертей предприятий обрабатывающих отраслей; при этом отрицательные последствия фиксируют 53 % компаний, а вот позитивный эффект ощущают всего 7 % [1]. Дело, однако, не только в логистике, хотя и она требует колоссальной перенастройки. Гораздо глубже сдвиг затрагивает саму архитектуру корпоративных финансов – от того, в какой валюте занимать и как хеджировать курсовые разрывы, до пересмотра горизонтов инвестиционного планирования и критериев отбора проектов. Междисциплинарные обзоры санкционных режимов сходятся в том, что ограничения 2022 г. беспрецедентны по совокупной координации; впервые столь системно накрыта крупная экономика [2].

Цифры внешнеторговой статистики, если посмотреть на них без идеологических фильтров, фиксируют не корректировку, а именно качественный перелом. Товарооборот России в 2024 г. выходит на 716,9 млрд долл.; экспорт в Азию – 329,2 млрд долл. (+7,6 %), в Европу – всего 68,4 млрд (–20,4 %). Товарооборот с одним только Китаем достигает рекордных 244,8 млрд долл., т. е. больше трети всего внешнеторгового оборота страны [3]. Параллельно набирает обороты и контур ЕАЭС: взаимная торговля услугами внутри Союза прибавляет 16 % за 2024 г., а за два года кумулятивный прирост составляет 42 % [4]. Все это, разумеется, не может не отразиться на финансовых стратегиях конкретных компаний – и именно на корпоративном уровне паттерны адаптации проступают отчетливее всего.

Теоретически корпоративные реакции на внешнеэкономические шоки описываются с нескольких сторон. Институциональная оптика объясняет, почему государственная поддержка помогает фирмам выработать ответные ходы на целенаправленные ограничения, хотя делегитимирующий эффект санкций неизбежно раздувает трансакционные издержки любой международной деятельности [5]. Работы по устойчивости в глобальных цепочках стоимости показывают кое-что любопытное: компании, успевшие до шока нарастить цифровые компетенции, адаптируются заметно быстрее остальных [6]. Применительно к интеграционным блокам нельзя обойти стороной опыт таможенных союзов; сопоставление таможенного регулирования ЕС с институтами на постсоветском пространстве вскрывает ключевые механизмы, формирующие условия для бизнеса внутри таможенных территорий [7]. При всем том финансовая сторона корпоративной адаптации – пере-

стройка структуры капитала, смена инструментов торгового финансирования, ревизия валютной политики – остается изученной слабо. Секторальный анализ влияния санкций на корпоративные показатели фиксирует расхождение отраслевых траекторий, но собственно финансовые стратегии как предмет там почти не присутствуют [8].

Цель данной работы – построение типологии адаптивных корпоративных финансовых стратегий, которые российские промышленные компании формируют в ответ на переконфигурацию внешнеторговых связей 2022–2025 гг., и оценка результативности каждого типа через призму рентабельности, ликвидности, инвестиционной активности.

Для достижения этой цели требуется: систематизировать каналы, по которым внешнеторговая перестройка транслируется в корпоративные финансы; идентифицировать типы стратегий на эмпирическом материале; количественно замерить связь типа стратегии с финансовыми результатами; разобрать, какую роль в корпоративном финансовом планировании играют инструменты евразийской интеграции.

Материалы и методы исследования

Работа построена на смешанном дизайне, где количественные методы переплетены с качественными. Информационный фундамент – консолидированная финансовая отчетность (МСФО и РСБУ) 42 российских промышленных компаний из рейтинга *RAEX-600* по выручке, период – 2021–2025 гг. Выборка покрывает пять отраслевых групп: нефтегаз (9 компаний), металлургия (8), машиностроение (10), химия (8), пищевая индустрия (7). Порог включения – доля внешнеторговых операций в выручке 2021 г. не ниже 15 %. Финансовые метрики: рентабельность задействованного капитала (*ROCE*), коэффициент текущей ликвидности, соотношение долга к капиталу (*D/E*), доля капвложений в выручке (*CAPEX/Revenue*), удельный вес расчетов в национальных валютах. Типология стратегий получена кластерным анализом (*k*-средних) по семи параметрам адаптации: сдвиг географии экспортной выручки, глубина импортозамещения комплектующих, переориентация заемного капитала, структура валютной позиции, интенсивность инвестиций в новые рынки, использование инструментов ЕАЭС, переналадка логистических цепочек. Результативность каждого кластера тестируется множественной регрессией с фиксированными отраслевыми эффектами. Временной горизонт – 2021–2025 гг. (данные за 2025 г. взяты по состоянию на III квартал). В качестве дополнительных источников привлечены статистика ФТС, платежный баланс Банка России, отчетность ЕЭК, аналитика рейтинговых агентств АКРА и Эксперт РА.

Результаты исследования и их обсуждение

Каналы воздействия внешнеторговой реструктуризации на корпоративные финансы

Перекройка торговой географии ударяет по финансовой деятельности промышленности сразу по нескольким каналам – и здесь стоит разобрать каждый отдельно. Канал первый, валютный: уход от долларово-евровых расчетов к мультивалютной мозаике (юань, рубль, дирхам, рупия) требует совершенно новых компетенций в управлении курсовыми рисками. По данным Банка России, доля национальных валют во внутренних расчетах ЕАЭС к концу 2024 г. вырастает до 85 % – для сравнения, в 2021 г. – 74 %. Второй канал – кредитный. Отключение от *SWIFT* и сжатие корреспондентских сетей заставляет корпорации в буквальном смысле прокладывать расчетные маршруты заново, выходя на прямые межбанковские каналы с партнерами из дружественных юрисдикций. Третий – инвестиционный: чтобы закрепиться на азиатских и ближневосточных рынках, нужна новая инфраструктура сбыта, складская логистика, сервисные центры – а это капвложения, которые не запланированы. И наконец, четвертый, регуляторный канал: перемены в таможенном администрировании ЕАЭС – обязательное электронное декларирование, выстраивание единых процедур – одновременно упрощает трансграничные операции внутри Союза и навешивает дополнительные издержки на адаптацию учетных систем [9]. Сводная оценка интенсивности по отраслям дана в табл. 1.

Таблица 1

Оценка интенсивности воздействия внешнеторговой реструктуризации на финансовую деятельность по отраслям (экспертная шкала 1–5; 2022–2024 гг.)

Отрасль	Валютный канал	Кредитный канал	Инвестиционный канал	Регуляторный канал	Интегральная оценка
Нефтегазовый сектор	4,8	4,2	3,9	3,1	4
Металлургия	4,5	3,8	4,1	2,9	3,8
Машиностроение	3,7	4,4	4,6	3,5	4,1
Химическая промышленность	4,1	3,6	3,4	3	3,5
Пищевая индустрия	2,9	2,4	3,2	3,8	3,1

Глубже всех «проваливаются» финансы машиностроителей, и это объяснимо. Зависимость от импортных комплектующих у ряда предприятий доходит до 40–60 % себестоимости; когда к этому прибавляется необходимость искать новые рынки сбыта, оборотный капитал и инвестпрограммы оказываются под двойным давлением. Нефтегазовый сектор, напротив, больнее всего ощущает именно расчетно-платежные сбои: физически экспорт энергоносителей проседает умеренно, однако дисконт на российскую нефть – 25–30 долл./барр. в первом полугодии 2022 г. – напрямую съедает рентабельность [10]. К 2024 г. этот разрыв на китайском направлении сужается примерно до 3 %, что говорит о постепенной нормализации ценовых условий для тех, кто успел перестроить логистику.

Типология корпоративных финансовых стратегий адаптации

Кластеризация по семи параметрам адаптации дает четыре устойчивых типа финансовых стратегий (см. табл. 2). Четырехкластерное решение верифицировано критерием силуэта – средний коэффициент составляет 0,61, что говорит о приемлемой разделенности групп.

Тип 1 – экспортно-диверсификационный – вбирает в себя главным образом нефтегазовые и металлургические компании, которые разворачивают экспортные потоки на Азию и Ближний Восток. В финансовом плане это означает формирование юаневой и рупийной ликвидности, выстраивание расчетных маршрутов через банки дружественных юрисдикций, вложения в портовую и трубопроводную инфраструктуру восточного направления. Характерная черта этой группы – готовность «проглотить» высокие транзакционные издержки переходного периода ради долгосрочного закрепления на новых рынках. Эмпирика подтверждает: именно крупные экспортеры, хотя и наиболее уязвимы из-за глубокой встроенности в глобальные цепочки, располагают ресурсами для стратегии развития, а не просто выживания [1].

Тип 2 – импортозамещающий – концентрирует машиностроителей и часть химических предприятий, для которых на первый план выходит замена критически важных комплектующих и технологий. Финансовый почерк – подскочившие капвложения (*CAPEX/Revenue* +5,8 п. п.), банковское кредитование с государственной «подушкой» и концентрация оборотного капитала в рублевой зоне. Этот кластер интенсивнее остальных работает с программами субсидирования ставок и льготными займами Фонда развития промышленности; по данным Минпромторга, объем льготного кредитования на проекты импортозамещения за 2023–2024 гг. переваливает за 120 млрд руб.

Тип 3 – интеграционный, завязанный на ЕАЭС – включает компании, которые по максимуму задействуют механизмы евразийской интеграции: преференциальные режимы, единые техрегламенты, взаимное признание сертификатов. Финансовый маркер кластера – наивысшая доля расчетов в нацвалютах (79 %), активная работа с инструментами ЕАБР, ориентация на рынки Казахстана, Белоруссии, Узбекистана. Здесь стоит вспомнить, что институциональные предпосылки для снижения трансакционных издержек внутри Союза опираются, среди прочего, на опыт таможенного регулирования ЕС и его адаптации к реалиям постсоветского пространства [7]. Компании этого кластера – в основном средние по размеру (медианная выручка около 48 млрд руб.) – оказываются главными бенефициарами углубления кооперационных связей в рамках ЕАЭС.

Таблица 2

Характеристики кластеров корпоративных финансовых стратегий (медианные значения по выборке)

Параметр	Тип 1: Экспортно-диверсиф.	Тип 2: Импорто-замещающий	Тип 3: Интеграционный (ЕАЭС)	Тип 4: Инерционный
Число компаний	12	11	9	10
Δ доли Азии в экспорте, п. п. (2021→2024)	+28	+9	+14	+5
Δ доли импортозамещения, п. п.	+11	+34	+18	+6
Доля расчетов в нац. валютах, % (2024)	68	52	79	37
CAPEX/Revenue Δ, п. п. (2021→2024)	+3,2	+5,8	+2,1	–1,4
Использование инструментов ЕАЭС (индекс 0–1)	0,41	0,29	0,82	0,18
Δ логистических маршрутов (новые направления)	4,2	1,8	3,1	0,9

Тип 4 – инерционный – это те, кто, по большому счету, ничего не предпринимает. Сокращение инвестиционной активности (*CAPEX/Revenue* минус 1,4 п. п.), минимальная доля расчетов в национальных валютах, слабая диверсификация экспорта. Такая картина вполне укладывается в оценки, согласно которым треть промышленных компаний не запускает адаптационных мер даже к осени 2022 г. – при всей жесткости ограничений [11].

Финансовые показатели по типам стратегий

Сравнение финансовых метрик по кластерам за 2021–2024 гг. позволяет судить о том, «сколько стоит» каждая модель адаптации – и сколько стоит бездействие (см. табл. 3).

Таблица 3

Динамика ключевых финансовых показателей по типам стратегий (медианные значения)

Показатель	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4
ROCE 2021, %	18,4	14,2	15,7	16,1
ROCE 2024, %	22,1	13,8	18,9	12,3
Δ *ROCE*, п. п.	+3,7	–0,4	+3,2	–3,8
D/E 2021	0,62	0,71	0,54	0,68
D/E 2024	0,58	0,89	0,51	0,74
Коэф. текущей ликвидности 2024	1,64	1,21	1,73	1,38
Δ чистого оборотного капитала, %	+12	–8	+19	–14

Экспортно-диверсификационный тип дает наибольшую прибавку *ROCE* (+3,7 п. п.) – неудивительно: маржи восстанавливаются после схлопывания дисконтов, а эффект масштаба при освоении новых рынков делает свое. Заодно эти компании сокращают долговую нагрузку (*D/E* с 0,62 до 0,58), отчасти благодаря мощной генерации свободного денежного потока на фоне высоких мировых цен на сырье в 2022–2023 гг. Интеграционный кластер тоже выходит в плюс по *ROCE* (+3,2 п. п.) и показывает лучшие цифры ликвидности; тут играют свою роль относительно низкие издержки торговли внутри ЕАЭС и предсказуемый спрос со стороны стран Союза. Импортозамещающий тип теряет немного (*ROCE* –0,4 п. п.), но сильно наращивает долг (*D/E* с 0,71 до 0,89) – это прямое следствие агрессивного привлечения заемного финансирования под инвестпроекты. А вот инерционный кластер проваливается ожидаемо: минус 3,8 п. п. по *ROCE* при ухудшении ликвидности – наглядное подтверждение того, что «переждать» структурную ломку не получится.

Валютная структура корпоративных расчетов

Переход к мультивалютной модели – пожалуй, один из самых осязаемых элементов финансовой адаптации. Динамика валютной структуры экспортной выручки за четыре года выглядит почти революционно (см. табл. 4).

Таблица 4

Валютная структура экспортной выручки компаний выборки, % (медианные значения)

Валюта	2021	2022	2023	2024
Доллар США	61	42	28	21
Евро	24	18	11	8
Юань	3	14	29	36
Рубль	9	18	23	26
Прочие (дирхам, рупия, тенге)	3	8	9	9

С 3 до 36 % за три года – такова траектория юаня в экспортных расчетах. За этой цифрой стоит вполне конкретная работа: формирование юаневых казначейских позиций, открытие счетов в китайских банках, отладка хеджирования по паре *CNY/RUB*. Корпоративные казначеи, с которыми удается обсудить эту тему, оценивают издержки конвертации и хеджирования в 0,8–1,5 % от суммы сделки – это в разы выше, чем 0,1–0,3 %, характерные для долларовых расчетов до 2022 г. Рубль подтягивается до 26 % – преимущественно за счет торговли внутри ЕАЭС и с отдельными партнерами (Турция, Иран). Да, мультивалютность обходится дороже. Но она же диверсифицирует санкционный риск в расчетной инфраструктуре, и для большинства компаний это размен, на который они идут осознанно.

Регрессионный анализ факторов рентабельности

Чтобы понять, действительно ли тип стратегии объясняет различия в рентабельности или же за ними прячутся отраслевые и масштабные эффекты, построена панельная регрессия с фиксированными отраслевыми эффектами (см. табл. 5). Зависимая переменная – *ROCE*, %. Независимые: бинарные переменные типа стратегии (база – инерционный), логарифм выручки, отраслевые фикс-эффекты.

Регрессия подтверждает то, что угадывается уже по описательной статистике: экспортно-диверсификационная (+7,42 п. п.; $p = 0{,}002$) и интеграционная (+5,93 п. п.; $p = 0{,}022$) стратегии статистически значимо обгоняют инерционную по рентабельности задействованного капитала. А вот импортозамещающий тип от базовой категории не отличается – и это ожидаемо: отдача от капитальных вложений в технологическое замещение имеет выраженный лаг,

и инвестиции 2022–2024 гг. начнут «возвращаться» скорее в горизонте 2025–2027 гг. Размер компании (логарифм выручки) положительно и значимо связан с *ROCE* – вероятно, через эффект переговорной силы крупных экспортеров при выстраивании ценовых условий на непривычных рынках [12].

Таблица 5

Результаты регрессионного анализа факторов *ROCE* за 2024 г. $R^2 = 0,47$; $F = 5,82$; $n = 42$

Переменная	Коэффициент	Ст. ошибка	*t*-статистика	*p-value*
Тип 1 (экспортно-диверсиф.)	7,42	2,18	3,4	0,002
Тип 2 (импортозамещ.)	1,84	2,31	0,8	0,431
Тип 3 (интеграц., ЕАЭС)	5,93	2,47	2,4	0,022
Ln (Выручка)	1,26	0,58	2,17	0,037
Константа	–2,41	5,17	–0,47	0,644

Роль инструментов ЕАЭС в корпоративных финансовых стратегиях

Механизмы евразийской интеграции используются компаниями выборки крайне неравномерно – и эта неравномерность сама по себе о многом говорит (см. табл. 6). Чаще всего прибегают к преференциальным правилам происхождения товаров (78 % компаний), оптимизации логистики через единую таможенную территорию (71 %), расчетам в нацвалютах через ЕАБР (43 %); реже – к кооперационным проектам в рамках промышленной политики Союза (29 %).

Таблица 6

Использование инструментов ЕАЭС компаниями выборки по типам стратегий (доля компаний, %)

Инструмент	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	В среднем
Преференц. правила происхождения	75	64	100	70	78
Единая таможенная территория	67	55	100	60	71
Расчеты через ЕАБР	33	27	89	20	43
Кооперационные проекты ЕАЭС	17	36	56	10	29
Совместные инвестиционные программы	8	18	44	0	17
Использование единых техрегламентов	58	73	100	40	67

Компании интеграционного кластера (тип 3), как и следует ожидать, лидируют по всем позициям. Обращает на себя внимание цифра 44 % – столько компаний этого типа вовлечены в совместные инвестпрограммы, преимущественно совместные предприятия с казахстанскими и белорусскими партнерами в сельхозмашиностроении, переработке сельхозпродукции и стройматериалах. Стратегические направления развития ЕАЭС до 2025 г. предполагают создание единого рынка товаров, услуг, капитала, рабочей силы – и результаты исследования свидетельствуют, что корпоративный сектор действительно становится основным бенефициаром интеграционных процессов, но лишь при условии проактивной финансовой стратегии [13]. Забегая чуть вперед: рост товарооборота с Арменией, Казахстаном и Киргизией сопровождается кратным увеличением поставок европейских товаров в эти неподсанкционные страны ЕАЭС, и это открывает для российских компаний дополнительные лазейки в доступе к необходимым ресурсам и комплектующим.

Тем не менее интеграционная стратегия упирается в потолок. Совокупный рынок ЕАЭС минус Россия – это примерно 75 млн потребителей и ВВП порядка 350 млрд долл. Для крупных корпораций такой объем не способен полноценно компенсировать утрату западных рынков. Масштабированию мешает и дефицит платежеспособного спроса, и конкуренция с китайскими товаропроизводителями, которые энергично наращивают свое присутствие в Центральной Азии. Вообще, экономические санкции – если смотреть на проблему шире – подавляют аппетит к риску и провоцируют недоинвестирование; причем этот эффект выражен сильнее в компаниях с государственным участием [14].

Выводы. 1. Корпоративные финансовые стратегии российской промышленности не просто приспосабливаются к новой торговой географии – они фактически перестраиваются с нуля, и скорость этой перестройки оказывается неодинаковой. Анализ 42 компаний за четыре года позволяет вычленить четыре устойчивых типа: экспортно-диверсификационный, импортозамещающий, интеграционный (на базе ЕАЭС) и инерционный. Каждый – со своей специфической связкой инструментов, от валютного микса и структуры долга до интенсивности капвложений и глубины использования евразийских интеграционных механизмов. Разрыв в финансовых результатах между крайними кластерами – 7,5 п. п. по *ROCE* за три года – красноречиво подчеркивает, что проактивная финансовая адаптация – не роскошь, а условие выживания.

2. Регрессионный анализ статистически подтверждает преимущество двух моделей – экспортно-диверсификационной и интеграционной – над стратегией бездействия. Первая, объединившая крупных

сырьевиков и металлургов, дает наибольший прирост рентабельности (+3,7 п. п.): дисконты переходного периода рассасываются, масштаб присутствия на азиатских рынках вырастает. Вторая – интеграционная – показывает сопоставимый результат (+3,2 п. п.), но при куда более скромном масштабе компаний. Это наводит на мысль, что инструменты ЕАЭС – преференциальные правила происхождения, единое таможенное пространство, расчеты через ЕАБР – работают как мультипликатор именно для среднего бизнеса. И в данном случае прослеживается перекличка с исследованиями таможенных режимов интеграционных объединений: институциональный опыт, накопленный при формировании наднациональных таможенных механизмов, конвертируется во вполне ощутимые финансовые выгоды для корпоративного сектора.

3. Импортозамещающий кластер пока не вышел в плюс по рентабельности – и это как раз тот случай, когда отсутствие статистической значимости содержательно. Высокая капиталоемкость, лаговая отдача, рост долговой нагрузки (*D/E* с 0,71 до 0,89) – все это признаки инвестиционного цикла, который еще не завершен. Есть основания полагать, что в горизонте 2026–2028 гг. эти вложения начнут генерировать эффект, но при одном условии: если не затянется период высоких процентных ставок, способный подорвать финансовую устойчивость компаний с перегруженными балансами. Инерционный тип проигрывает по всем фронтам, и этот результат, пожалуй, наиболее однозначен: в условиях структурного перелома выжидательная позиция оборачивается не «сохранением позиций», а их эрозией.

Отдельного разговора заслуживает валютная метаморфоза: юань за три года прыгает с 3 до 36 % экспортной выручки. Мультивалютная модель дороже прежней (транзакционные издержки 0,8–1,5 % против 0,1–0,3 %), но она размывает концентрацию санкционного риска, и компании идут на этот размен сознательно. Развитие юаневых и рупийных инструментов хеджирования на российском финансовом рынке – вопрос, который в ближайшие годы будет определять масштаб издержек адаптации. Ну а дальнейшие исследования, на взгляд автора, стоит направить в три стороны: лонгитюдный мониторинг финансовых результатов импортозамещающего кластера после завершения инвестциклов, тестирование устойчивости мультивалютной расчетной модели и – пожалуй, самое интересное – анализ эффектов расширения инструментария ЕАЭС (общий финансовый рынок, гармонизация фондового регулирования) на корпоративные финансовые стратегии.

Список литературы

1. *Кузык М. Г., Симачев Ю. В.* Стратегии адаптации российских компаний к санкциям 2022 г. // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 3 (60). С. 172–180.

2. *Morgan T. C., Syropoulos C., Yotov Y. V.* Economic Sanctions: Evolution, Consequences, and Challenges // Journal of Economic Perspectives. 2023. Vol. 37. № 1. Pp. 3–30.

3. *Жэнь Я., Колосов В. А.* Динамика структуры торговли между Россией и Китаем с начала XXI в. // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2025. Т. 80. № 5. С. 73–84.

4. *Давыденко Е. В.* Прямые взаимные инвестиции в Евразийском экономическом союзе: проблемы и перспективы // Экономические отношения. 2024. Т. 14. № 4. С. 749–761.

5. *Gaur A., Settles A., Väätänen J.* Do Economic Sanctions Work? Evidence from the Russia-Ukraine Conflict // Journal of Management Studies. 2023. Vol. 60. № 7. Pp. 1713–1740.

6. *Федюнина А. А., Симачев Ю. В.* Устойчивость компаний в цепочках создания стоимости к санкционному шоку // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 3 (60). С. 180–187.

7. *Романова М. Е.* Опыт таможенного регулирования Европейского союза и интеграционные объединения на постсоветском пространстве // Правоведение. 2018. № 2 (337). С. 240–253.

8. *Nivorozhkin E., Castagnetti C.* Sectoral Adaptation and Strategic Resilience: The Impact of Sanctions on Russian Corporate Performance (2014–2021) // Economics of Transition and Institutional Change. 2025. Art. e70012.

9. *Казун А. П., Муковнин С. К.* Бизнес-ассоциации и адаптация российских промышленных предприятий к санкциям: 2018 vs. 2022 // Вопросы экономики. 2024. № 6. С. 44–72.

10. *Симачев Ю. В., Яковлев А. А., Голикова В. В.* и др. Российские промышленные компании в условиях «второй волны» санкционных ограничений: стратегии реагирования // Вопросы экономики. 2023. № 12. С. 5–30.

11. *Голикова В. В., Кузнецов Б. В.* Что день грядущий нам готовит: по кому ударят санкционные ограничения на поставки импортного оборудования? // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 3 (60). С. 187–196.

12. *Astapov K. L.* Russian Financial Market Development Strategic Initiatives under Sanctions and in the Aftertime // The World of New Economy. 2022. Vol. 16. № 4. Pp. 99–112.

13. *Земцов С. П.* Санкционные риски и региональное развитие: случай России // Балтийский регион. 2024. Т. 16. № 1. С. 23–45.

14. *Naidenova I. N., Leonteva V. V.* Economic Policy Uncertainty and Investment of Russian Companies // Вопросы экономики. 2020. № 2. С. 141–159.

References

1. Kuzyk M. G., Simachev Yu. V. Strategies of Russian companies to adapt to the 2022 sanctions. *Journal of the New Economic Association*, 2023, no. 3 (60), pp. 172–180.

2. Morgan T. C., Syropoulos C., Yotov Y. V. Economic Sanctions: Evolution, Consequences, and Challenges. *Journal of Economic Perspectives*, 2023, vol. 37, no. 1, pp. 3–30.

3. Ren Ya., Kolosov V. A. Dynamics of the structure of trade between Russia and China since the beginning of the 21st century. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seria 5, Geografia*, 2025, vol. 80, no. 5, pp. 73–84.

4. Davydenko E. V. Mutual direct investment in the Eurasian Economic Union: problems and prospects. *Journal of International Economic Affairs*, 2024, vol. 14, no. 4, pp. 749–761.

5. Gaur A., Settles A., Väätänen J. Do Economic Sanctions Work? Evidence from the Russia-Ukraine Conflict. *Journal of Management Studies*, 2023, vol. 60, no. 7, pp. 1713–1740.

6. Fedyunina A. A., Simachev Yu. V. Resilience of companies in value chains to the sanctions shock. *Journal of the New Economic Association*, 2023, no. 3 (60), pp. 180–187.

7. Romanova M. E. The experience of customs regulation of the European Union and integration associations in the post-Soviet space. *Pravovedenie*, 2018, no. 2 (337), pp. 240–253.

8. Nivorozhkin E., Castagnetti C. Sectoral Adaptation and Strategic Resilience: The Impact of Sanctions on Russian Corporate Performance (2014–2021). *Economics of Transition and Institutional Change*, 2025, art. e70012.

9. Kazun A. P., Mukovnin S. K. Business associations and the adaptation of Russian manufacturing enterprises to sanctions: 2018 vs. 2022. *Voprosy Ekonomiki*, 2024, no. 6, pp. 44–72.

10. Simachev Yu. V., Yakovlev A. A., Golikova V. V. et al. Russian industrial companies under the «second wave» of sanctions: Response strategies. *Voprosy Ekonomiki*, 2023, no. 12, pp. 5–30.

11. Golikova V. V., Kuznetsov B. V. What does the coming day have in store for us: Who will be affected by sanctions restrictions on the supply of imported equipment? *Journal of the New Economic Association*, 2023, no. 3 (60), pp. 187–196.

12. Astapov K. L. Russian Financial Market Development Strategic Initiatives under Sanctions and in the Aftertime. *The World of New Economy*, 2022, vol. 16, no. 4, pp. 99–112.

13. Zemtsov S. P. Sanctions risks and regional development: Russian case. *Baltic Region*, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 23–45.

14. Naidenova I. N., Leonteva V. V. Economic Policy Uncertainty and Investment of Russian Companies. *Voprosy Ekonomiki*, 2020, no. 2, pp. 141–159.

УДК 338.242

А. Э. ВИРТ канд. техн. наук (Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, г. Камышин); Я. И. ВАСЛАВСКИЙ, д-р экономич. наук (Московский государственный институт международных отношений (университет) МИД Российской Федерации, г. Москва); И. Ю. ВАСЛАВСКАЯ, д-р экономич. наук (Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань)

E-mail: Virt@kti.ru

A. E. Virt (Kamyshinsky Institute of Technology (branch) Volgograd State Technical University, Kamyshin); Ya. I. Vaslavskiy (MGIMO University, Moscow); I. Yu. Vaslavskaya (Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan)

Теоретико-функциональные основы формирования инструментов управления промышленным предприятием

Theoretical and functional foundations for the formation of management tools for an industrial enterprise

Осуществляется анализ различных подходов относительно определения сущности промышленного предприятия как социально-экономической системы по направлениям: техническая подготовка производства, экономическая теория и право, теория систем, менеджмент, маркетинг. Выявлена общая совокупность социально-экономических функций предприятия по группам: информационно-правовая, производственная, менеджмент-маркетинг, социальная ответственность. Разработаны положения по формированию инструментов управления промышленным предприятием согласно теоретическому и функциональному подходам.

This article analyzes various approaches to defining the essence of an industrial enterprise as a socio-economic system in the following areas: technical preparation of production, economic theory and law, systems theory, management, and marketing. The study identifies a general set of enterprise socio-economic functions by group: information and legal, production, management

and marketing, and social responsibility. Based on the analysis, provisions are developed for the development of industrial enterprise management tools in accordance with theoretical and functional approaches.

Ключевые слова: промышленное предприятие; функции предприятия; теоретический подход; функциональный подход; инструменты управления предприятием.

Keywords: industrial enterprise; enterprise functions; theoretical approach; functional approach; enterprise management tools.

Улучшение деятельности промышленных предприятий (ПП) невозможно осуществить без разработки и внедрения соответствующих мероприятий. Все шаги по повышению эффективности работы предприятия как субъекта хозяйствования опираются на совершенствование системы управления и требуют развития системного и инженерного мышления, обеспечивающего способность к анализу, проектированию и принятию комплексных управленческих решений в условиях усложнения производственно-экономических процессов и роста неопределенности внешней среды [1]. Несмотря на то, что проблемы управления предприятиями неоднократно становятся объектом научных исследований, необходим более детальный анализ функций и инструментов управления деятельностью ПП в целях обеспечения их устойчивого функционирования.

Цель данной работы – обоснование основных положений по формированию инструментов управления промышленным предприятием на основе анализа теорий предприятия.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ литературных источников [2–11] позволяет прийти к выводу о различных подходах относительно определения сущности ПП. Так, с точки зрения технической подготовки производства, предприятие рассматривается как:

- источник (хранилище) технологических и организационных знаний [2];
- неделимый фонд производственных физических и человеческих ресурсов, которые могут существовать только как целое: их использование отдельно и вне предприятия не обеспечивает прибыли и конкурентных преимуществ [3];
- целостный объект, осуществляющий преобразование начальных ресурсов в продукцию и привлекающий эти ресурсы в производство [4].

С позиции экономической теории и права предприятие представляет собой:

- самостоятельное, основное звено народнохозяйственного комплекса, хозяйственный субъект, который по праву юридического лица осуществляет производственную, научно-исследовательскую и коммерческую деятельность с целью получения прибыли [5];
- обособленную специализированную хозяйственную единицу, основой которой является профессионально организованный трудовой коллектив, который с помощью средств производства, имеющихся в его распоряжении, изготавливает необходимую потребителю продукцию, выполняет работы, оказывает услуги [6];
- систему экономических отношений, прежде всего отношений собственности, которые формируются внутри него, а также между другими субъектами хозяйствования по поводу производства, обмена, распределения и потребления различных объектов собственности, а следовательно, их присвоения, а также управления собственностью с целью получения прибыли [7].

В теории систем предприятие следует рассматривать как:

- живой организм, целостную, многомерную, мультипространственную социально-экономическую систему, от результатов деятельности которой зависит развитие рынка, отрасли, экономики в целом [4];
- социально-экономическую систему, структуру которой определяет внешняя среда, поскольку в ней находятся и потребители, и поставщики, и все другие участники рынка [8].

С точки зрения менеджмента предприятие является социотехнической системой, в которой люди совместно с техникой используются для выполнения работы [9]. При этом Г. Минцберг выделяет пять основных структур предприятия: простая структура, машинная бюрократия, профессиональная бюрократия, организация дивизиональной формы, адхократическая организация, среди которых лишь машинная бюрократия характеризуется первичной ролью техноструктуры (экономической составляющей), во всех других главная роль принадлежит людям (социальной составляющей). Основу социальной составляющей исследователи видят в социальной ответственности предприятия перед персоналом, потребителями, партнерами и обществом в целом [10], что предполагает учет ценностно-мотивационных аспектов профессиональной деятельности и процес-

сов профессионального самоопределения субъектов управления и труда [12].

С позиции маркетинга предприятие является экономическим институтом, который присутствует и действует на рынках путем приобретения ресурсов и продажи товаров и услуг, а конкурентоспособность предприятия (связанная с экономической эффективностью) является одним из главных элементов маркетинговой стратегии и основой успешного функционирования предприятия [11].

На основе проведенного анализа относительно сущности понятия «предприятие» можно заключить, что предприятие является субъектом хозяйствования, который функционирует как открытая социально-экономическая система, имеет условия для производства продукции и предоставления услуг с целью удовлетворения как общественных потребностей, так и собственных целей.

Поскольку на работу предприятий влияет внешняя и внутренняя среда, понятие «предприятие» требует постоянного исследования и совершенствования теоретического обоснования, а также уточнения мероприятий по улучшению деятельности предприятий по функциям и уровням управления (функциональное обеспечение).

Проведенный анализ также позволяет обосновать задачи, которые решаются с помощью инструментов управления ПП:

- мероприятия по технической подготовке производства (конструкторская, технологическая, организационно-экономическая);
- выбор формы организации бизнеса и правового обеспечения;
- построение предприятия как социально-экономической системы с учетом внешнего воздействия и внутреннего состояния;
- формирование эффективной системы менеджмента и маркетинга.

Выполнение этих задач требует использования соответствующих функций предприятия.

Расхождения в теориях предприятия возникают в результате различных взглядов ученых относительно важности отдельных функций предприятия, реализация которых осуществляется с помощью инструментов управления.

Классическая теория А. Маршала и Дж. Хикса не учитывает рыночные факторы и действие инструментов управления по улучшению деятельности предприятия, а лишь рассматривает вопрос увеличения прибыли за счет увеличения капитала, сокращения расходов на оплату труда [7].

Неоклассические теории выделяют такие функции предприятия как производственную, управленческую (теория максимизации выручки Дж. Робинсона, Й. Шумпетера, Ф. Махлупа), финансовую (темпы роста фирмы через активы по Р. Моррису), рыночную (ресурсная теория, показывающая, что успех предприятия зависит от ресурсов, организации производства и конкурентных преимуществ К. Вернерфельта, Р. Румельта, Дж. Барни) [2].

Институциональные теории подчеркивают важность финансовой функции предприятия, направленную на сокращение трансакционных издержек (Т. Веблен, Дж. Коммонс, Дж. Гэлбрейт); управленческой – осуществляемой посредством взаимодействия между предприятием, рабочими и партнерами, возникающего в случае заключения контрактов (контрактная теория Р. Коуза); правовой, которая подразделяется на право владения, право пользования, право распоряжения или управления, право присвоения дохода, право на остаточную стоимость, право на безопасность и т. д., а также контрольной и социальной функций (теория «принципал-агент» М. Дженсена и У. Меклинга) [8]. Институциональные теории игнорируют переменные затраты, которые для ПП имеют наибольшее влияние на уровень прибыльности и решение социальных проблем.

Социальные теории рассматривают функции предприятия, направленные на решение социальных вопросов как прямо (теория самоуправляемой фирмы Г. Форда), так и опосредованно – посредством улучшения системы управления предприятием (поведенческая теория или бихевиоризм Г. Саймона, Дж. Уотсона, Э. Ли и др., политическая теория А. Петтигрю, агентская теория У. Берли, Г. Минза, М. Дженсена), приспособления к изменениям рыночной среды (теория максимизации полезности менеджера О. Уильямсона), предпринимательской инициативы (предпринимательская теория Й. Шумпетера, К. Левина, Д. Макгрегора), управления маркетингом (сетевая теория К. Пейджа, М. Кастельса, Т. Парсонса, Р. Эмерсона) и управления ресурсами (теория Х-эффективности К. Либерштайна). Целесообразно заметить, что социальные теории не носят системный характер, поскольку проблемы социального обеспечения и занятости как функции предприятия не решают комплексно [3].

Теории среды выделяют информационную функцию предприятия (информационная теория Масахико Аоки), управленческую функцию (когнитивная теория Дж. Келли, Г. Брауна), а также производственную и социальную функции, которые рассматриваются в концепции корпоративной культуры (теория корпоративной культуры Э. Ренмани, Р. Норманна). Рассмотренные теории не уделяют отдельного внимания производственной и рыночной функциям

предприятия, которые, по нашему мнению, являются основными [6].

В современных научных источниках согласованность по вопросам систематизации функций предприятия также отсутствует. Так, С. Д. Бодрунов подчеркивает, что «предприятие представляет собой производственно-технологическое, организационное и экономическое единство» [3]. К. А. Мачин отмечает, что «предприятие как самостоятельный субъект хозяйствования выполняет ряд функций, в которых воплощаются главные принципы его деятельности. Основные функции предприятия следующие: производственно-технологическая, экономическая, социальная и внешнеэкономическая» [6].

Таким образом, наибольшее внимание относительно функций в теориях предприятия («принципал-агент», социальные теории, корпоративной культуры) уделяют социальной функции. При этом в последнее время в экономической литературе используется понятие «социальная ответственность».

В научной литературе приведены два подхода к социальной ответственности:

- концепция социально-ответственного бизнеса, рассматривающего его социальную деятельность с точки зрения интересов общества и государства;
- концепция корпоративной социальной ответственности (КСО), которая характеризует осознание бизнесом своей ответственности перед обществом, коллективом, индивидом за свои действия и их социальные последствия.

Наиболее точно, на взгляд авторов, социальная ответственность предприятия определена ведущим объединением корпораций США *Business for Social Responsibility* (Бизнес и социальная ответственность), как «достижение коммерческого успеха путями, которые основаны на этических нормах и уважении к людям, сообществам, окружающей среде» [10].

Исследователи полагают, что социальная ответственность ПП – это одна из главных функций его деятельности, которая направлена на удовлетворение социальных потребностей трудового коллектива, собственников предприятия и охрану окружающей среды региона, на территории которого расположено предприятие.

Таким образом, проведенная систематизация функций ПП позволяет объединить их в социально-экономические функции ПП по группам: информационно-правовая, производственная, маркетинг-менеджмент, социальная ответственность.

Информационно-правовая функция характеризует юридические особенности функционирования ПП, а также информационное обеспечение, показывающее необходимость создания на предприятии информационной базы по состоянию внешней и внутренней среды.

Производственная функция, в свою очередь, включает три функции: экономическую, технико-технологическую и инновационно-инвестиционную. Экономическая функция охватывает действия предприятия по вложению капитала, получению доходов от производства и реализации продукции, товаров и услуг, начислению оплаты труда, управлению затратами, в т. ч. трансакционными издержками и т. п. При этом она реализуется как на внутреннем, так и на внешнем рынке, т. е. при осуществлении внешнеэкономической деятельности. Технико-технологическая функция включает анализ наличия ресурсов и необоротных активов, техническую подготовку к производству и технологические особенности производства продукции, товаров и услуг. Инновационно-инвестиционная функция показывает целесообразность внедрения инноваций и инвестиций в производственную деятельность предприятия.

Функции группы «маркетинг-менеджмент» соответственно включают управленческую и рыночную функции. Управленческая функция касается общего и административного менеджмента, эффективности принятия управленческих решений и т. д. Рыночная функция заключается в целесообразности проведения анализа рыночных возможностей предприятия, его предпринимательской способности и рыночных условий бизнеса.

Социальная ответственность – это группа функций, основной целью которых является удовлетворение социальных потребностей работника, коллектива предприятия, общества, государства по решению социальных проблем, таких как социальное обеспечение, охрана окружающей среды, занятость населения и уровень его доходов.

Согласно источнику [9], инструменты управления – это средства управления, предназначенные для решения поставленной задачи в рамках сложившейся реальной ситуации, ресурсных и других ограничений. В статье предлагается под инструментами управления ПП понимать средство приспособления к условиям меняющейся внешней и внутренней среды с целью достижения и удержания его устойчивого развития.

Согласно рассмотренным ранее подходам – теоретическому и функциональному – разработка инструментов управления ПП включает в себя ряд этапов:

1. Анализ теоретических подходов к сущности понятия «предприятие» на основе систематизации теорий предприятия позволяет определить: субъект управления – промышленное предприятие; объект –

процесс управления промышленным предприятием в соответствии с формой организации бизнеса и технологиями партнерских взаимоотношений; цель формирования инструментов – достижение высоких финансовых результатов и стабилизации деятельности предприятия.

2. Систематизацию направлений разработки инструментов управления на основе функционального подхода в соответствии с поставленными задачами:

- улучшение технической подготовки производства;
- выбор формы и структуры организации бизнеса, правовое обеспечение;
- мероприятия по построению предприятия как социально-экономической системы с учетом внешнего воздействия и внутреннего состояния;
- меры по повышению эффективной системы менеджмента и маркетинга.

3. Установление на основе функционального подхода единой социально-экономической функции предприятия, состоящей из группы функций (информационно-правовая, производственная, менеджмент-маркетинга, социальной ответственности), и обеспечение конкретизации формирования инструментов управления по сферам деятельности, ресурсам и социально-правовой ответственности.

4. Осуществление на основе функционального подхода оценки эффективности предложенных и внедренных инструментов управления ПП по влиянию на развитие каждого из уровней управления (микро-, мезо- и макроуровни).

Первый этап характеризует субъект, объект, цель управления, второй – направление разработок по улучшению деятельности ПП, третий – функции, влияющие на качество хозяйствования ПП, а четвертый – эффективность по уровням управления ПП. Таким образом, анализ теорий предприятия по двум подходам – теоретическому и функциональному – позволяет построить основу формирования инструментов управления ПП.

Выводы. 1. На основании проведенного анализа обосновано определение предприятия как субъекта хозяйствования, который является открытой социально-экономической системой, имеет условия для производства продукции и предоставления услуг с целью удовлетворения как общественных потребностей, так и собственных целей. Эффективность деятельности предприятия зависит от влияния факторов внешней и внутренней среды, поэтому требует постоянной корректировки и уточнения мероприятий по улучшению деятельности предприятий по функциям и уровням управления (функциональное обеспечение).

2. Научной новизной этого исследования является систематизация функций ПП, которые объединены в единой совокупности (социально-экономические функции ПП), распределены на четыре группы, что обеспечивает конкретизацию формирования инструментов управления ПП по сферам деятельности, ресурсам и социально-правовой ответственности.

3. Формирование соответствующих инструментов управления базируется на теоретическом и функциональном подходах, которые основаны на теориях предприятия. Теоретический подход позволяет устанавливать субъект, объект, цель исследования, а функциональный подход – задачи, функции предприятия и его взаимодействие с различными уровнями управления (мезо- и макро-) через соответствующие институты.

Список литературы

1. *Афанасьев В. В., Карпова А. И.* Инженерное мышление в структуре профессиональной подготовки студентов технических вузов: компоненты, подходы и способы развития // Антропологическая дидактика и воспитание. 2024. Т. 7. № 3. С. 35–47.

2. *Тис Дж., Пизано Г., Шуэн Э.* Динамические способности фирмы и стратегическое управление // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия: Менеджмент. 2003. № 32. С. 133–170.

3. *Бодрунов С. Д.* Современный технологический переход и его социально-экономические последствия // Экономическое возрождение России. 2022. № 2 (72). С. 35–43.

4. *Клейнер Г. Б.* Системная модернизация отечественных предприятий: теоретическое обоснование, мотивы, принципы // Экономика региона. 2017. Т. 13. № 1. С. 13–24.

5. *Грибов В. Д., Грузинов В. П., Кульменко В. А.* Экономика организации (предприятия): учебник. М.: КНОРУС. 2016. 416 с.

6. *Мачин К. А.* Теория роста промышленного предприятия: выбор оптимальной траектории // Журнал экономической теории. 2017. № 1. С. 49–57.

7. *Сторчевой М.* Экономическая теория фирмы: систематизация // Вопросы экономики. 2012. № 9. С. 41–66.

8. *Бирюков Е. В.* Теории современного предприятия: новые направления развития // Экономическое возрождение России. 2022. № 4 (74). С. 121–131.

9. *Мескон М., Альбер М., Хедоури Ф.* Основы менеджмента. М., СПб.: Диалектика. 2020. 665 с.

10. *Минцберг Г., Альстрэнд Б., Лэмпел Д.* Стратегические сафари: экскурсия по дебрям стратеги менеджмента. М.: Альпина Паблишер. 2017. 543 с.

11. *Томпсон А. А., Стрикленд П. Дж.* Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа. М.: Вильямс. 2007. 928 с.

12. *Смолянинов А. А., Смолянинова О. Г.* Особенности профессионального самоопределения практикующих медиаторов // Антропологическая дидактика и воспитание. 2024. Т. 7. № 4. С. 54–69.

References

1. Afanasyev V. V., Karpova A. I. Engineering thinking in the structure of professional training of students of technical universities: components, approaches and methods of development. *Anthropological Didactics and Upbringing*, 2024, vol. 7, no. 3, pp. 35–47.

2. Teece J., Pisano G., Shuen E. Dynamic capabilities of the firm and strategic management. *Bulletin of the St. Petersburg University. Series: Management*, 2003, no. 32, pp. 133–170.

3. Bodrunov S. D. Modern technological shift and its socio-economic aftermaths. *Economic Revival of Russia*, 2022, no. 2 (72), pp. 35–43.

4. Kleiner G. B. Systemic modernization of domestic enterprises: theoretical background, motives, principles. *Economy of Region*, 2017, vol. 13, no. 1, pp. 13–24.

5. Gribov V. D., Gruzinov V. P., Kulmenko V. A. *Ekonomika organizacii (predpriyatiya)* [Economics of the organization (enterprise): textbook]. Moscow, KNORUS, 2016, 416 p.

6. Machin K. A. The growth theory of industrial enterprise: the choice of the optimal trajectory. *Russian Journal of Economic Theory*, 2017, no. 1, pp. 49–57.

7. Storchevoy M. The economic theory of the firm: a generalization. *Voprosy Ekonomiki*, 2012, no. 9, pp. 41–66.

8. Biryukov E. V. Modern enterprise theories: new directions for development. *Economic Revival of Russia*, 2022, no. 4 (74), pp. 121–131.

9. Mescon M., Albert M., Khedouri F. *Management*. Moscow, St. Petersburg, Dialectics, 2020, 665 p.

10. Mintzberg G., Ahlstrand B., Lampel D. *Strategy safari: a guide tour through the wilds of strategic management*. Moscow: Alpina Publisher, 2017, 543 p.

11. Thompson A. A., Strickland P. J. *Strategic management: concepts and situations for analysis*. Moscow, Williams, 2007, 928 p.

12. Smolyaninov A. A., Smolyaninova O. G. Features of professional self-determination of practicing mediators. *Anthropological Didactics and Upbringing*, 2024, vol. 7, no. 4, pp. 54–69.

УДК 338

Н. Л. КРАСЮКОВА, д-р экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: nlkrasyukova@fa.ru
N. L. Krasyukova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Координация промышленной и научно-технологической политики для ускорения диффузии передовых производственных технологий и сокращения технологического разрыва

Coordination of industrial and science and technology policy for accelerating the diffusion of advanced manufacturing technologies and reducing the technological gap

Исследуются механизмы координации промышленной и научно-технологической политики как ключевого условия ускорения диффузии передовых производственных технологий и сокращения технологического разрыва между секторами и регионами. Проводится количественная оценка влияния различных инструментов государственной поддержки и институциональной среды на скорость внедрения ППТ, эффективность трансформации инвестиций в добавленную стоимость и динамику региональной технологической конвергенции. Эмпирическую базу составляют статистические ряды международных организаций и национальных статистических агентств за 2018–2024 гг., данные 124 крупных промышленных предприятий, а также результаты экспертных опросов технических руководителей, обработанные с применением корреляционно-регрессионного анализа, модифицированной модели Басса для оценки диффузии технологий, DEA-анализа эффективности региональных систем поддержки, кластерного анализа, метода главных компонент, дисконтирования денежных потоков и сценарного моделирования. Показывается, что коэффициенты диффузии ППТ и прирост EBITDA существенно варьируют по отраслям: электроника демонстрирует высокую эластичность выпуска по НИОКР и минимальные сроки внедрения, тогда как капиталоемкие отрасли остаются маловосприимчивыми к инновациям. Финансовый анализ выявляет преимущество косвенных инструментов поддержки (налоговые льготы, технопарки и кластеры), обеспечивающих максимальный инвестиционный рычаг и NPV проектов, над прямыми субсидиями и

грантами на НИОКР, для которых зафиксирована высокая доля неуспешных проектов и эффект вытеснения частного капитала. Расчет индекса технологической насыщенности показывает нарастающую дивергенцию регионов и усиление технологического расслоения, а высокая зависимость темпов роста от способности привлекать частные инвестиции на единицу бюджетных средств подтверждает критическую роль институционального качества. Делается вывод о необходимости смещения акцента с расширения объёмов финансирования на повышение абсорбционной способности реципиентов, таргетирование грантов исключительно на ранние стадии исследований и перераспределение поддержки в пользу инфраструктурных и кластерных форматов, обеспечивающих устойчивое сокращение технологического разрыва.

The article examines the mechanisms of coordination between industrial and science and technology policy as a key condition for accelerating the diffusion of advanced manufacturing technologies and narrowing the technological gap between sectors and regions. The aim of the study is to provide a quantitative assessment of the impact of various government support instruments and the institutional environment on the rate of AMT adoption, the efficiency of transforming investments into value added and the dynamics of regional technological convergence. The empirical base consists of statistical series from international organizations and national statistical agencies for 2018–2024, data from 124 large industrial enterprises, as well as the results of expert surveys of technical managers, processed using correlation-regression analysis, a modified Bass model for assessing technology diffusion, DEA analysis of the efficiency of regional support systems, cluster analysis, the principal component method, discounted cash flow analysis and scenario modeling. It is shown that the diffusion coefficients of AMT and EBITDA growth vary significantly across industries: electronics demonstrates high output elasticity to R&D and minimal implementation periods, whereas capital-intensive industries remain less receptive to innovation. Financial analysis revealed the advantage of indirect support instruments (tax incentives, technoparks, and clusters), which provide the highest investment leverage and project NPV, over direct subsidies and R&D grants, which show a high share of unsuccessful projects and a crowding-out effect on private capital. The calculation of the technological saturation index indicated increasing regional divergence and intensifying technological stratification, while the strong dependence of growth rates on the ability to attract private investment per unit of public funds confirms the critical role of institutional quality. The conclusion emphasizes the need to shift the focus from expanding funding volumes to strengthening the absorptive capacity of recipients, to target grants exclusively at early research stages and to reallocate support toward infrastructural and cluster formats that ensure a sustainable reduction of the technological gap.

Ключевые слова: промышленная политика; научно-технологическая политика; диффузия технологий; передовые производственные технологии; технологический разрыв.

Keywords: industrial policy; science and technology policy; technology diffusion; advanced manufacturing technologies; technological gap.

Современная экономическая парадигма характеризуется беспрецедентной скоростью технологических изменений, которые фундаментально трансформируют структуру добавленной стоимости в промышленном секторе. Координация промышленной и научно-технологической политики перестает быть вопросом выбора инструментов государственного регулирования и переходит в плоскость императива выживания национальных экономик в условиях глобальной конкуренции. Текущие макроэкономические показатели свидетельствуют о нарастающей диспропорции между скоростью генерации инноваций и темпами их реального внедрения в производственные циклы, что формирует так называемый «парадокс производительности». Анализ данных за последнее десятилетие показывает, что, несмотря на рост глобальных расходов на НИОКР, составляющих в среднем 2,34 % от мирового ВВП, темпы прироста совокупной факторной производительности в развитых странах замедляются до 0,87 % в год [1]. Это указывает на наличие существенных барьеров диффузии, которые блокируют переток знаний из лабораторной среды в промышленную эксплуатацию, создавая эффект бутылочного горлышка [2].

Критически важным аспектом исследования является количественная оценка технологического разрыва, который, по оценкам экспертов, продолжает увеличиваться нелинейно. Если в период третьего технологического уклада лаг между изобретением и массовым внедрением составляет десятилетия, то в условиях Индустрии 4.0 этот период для лидеров рынка сокращается до 18–24 мес., в то время как для аутсайдеров он растягивается на 7–10 лет [3]. Такая асинхронность приводит к тому, что технологическое

отставание становится практически необратимым без вмешательства регулятора. Финансовый анализ инвестиционных потоков демонстрирует, что частный капитал склонен концентрироваться в зонах с уже доказанной эффективностью, игнорируя прорывные технологии на ранних стадиях, где риски стохастической волатильности доходности превышают приемлемые значения [4]. Государственная политика в этой связи должна выполнять роль не просто донора, а архитектора экосистемы, снижающего транзакционные издержки трансфера технологий.

Статистические данные национальных бюро статистики подтверждают тезис о низкой эластичности спроса на инновации со стороны традиционных секторов промышленности без стимулирующих мер. В частности, коэффициент обновления основных фондов в обрабатывающей промышленности ряда стран с развивающейся экономикой стагнирует на уровне 4,21 %, тогда как для обеспечения технологического паритета необходим показатель не менее 11,5 % ежегодно [5]. Проблема усугубляется тем, что существующие механизмы субсидирования часто направляются на поддержку операционной деятельности, а не на капитальные вложения в нематериальные активы, что искажает мотивацию рыночных агентов. Авторы наблюдают феномен, когда предприятия предпочитают экстенсивное расширение за счет дешевого труда интенсивному развитию за счет автоматизации, что подтверждается корреляционным анализом между стоимостью рабочей силы и объемом закупок промышленной робототехники.

Необходимо отметить, что разрыв в цифровой зрелости наблюдается не только между странами, но и внутри отраслей, создавая высокую дисперсию показателей эффективности. Крупные холдинги, имеющие доступ к дешевому финансированию, внедряют передовые производственные технологии (ППТ) в 3,4 раза быстрее, чем предприятия малого и среднего бизнеса, которые формируют основу гибкости экономики [6]. Это приводит к рыночной концентрации и олигополизации, снижая общую инновационную активность среды. Эффективная координация политик должна направляться на выравнивание этого ландшафта через механизмы технологического лифта и создание центров коллективного пользования, которые демпфируют высокие начальные затраты на оборудование. Без системного подхода риск технологической изоляции отдельных секторов становится критическим, угрожая национальной экономической безопасности [7, 8].

Важным количественным маркером является доля высокотехнологичной продукции в экспорте, которая служит интегральным показателем успешности координации политик. В странах с синхронизированной стратегией этот показатель достигает 28,45 %, в то время как при фрагментарном регулировании он редко превышает 9,12 % [9]. Это свидетельствует о том, что чисто рыночные механизмы диффузии в условиях высокой неопределенности и капиталоемкости ППТ не срабатывают с должной эффективностью. Требуется разработка сложных эконометрических моделей, позволяющих прогнозировать влияние регуляторных импульсов на скорость распространения технологий. Текущая статистика патентной активности также демонстрирует тревожный тренд: коммерциализируется лишь 3,15 % зарегистрированных патентов, что говорит о колоссальном разрыве между научным потенциалом и промышленным запросом [10].

Материалы и методы исследования

Методологическая база данного исследования строится на комплексном применении количественных и качественных методов анализа, обеспечивающих высокую степень верификации полученных результатов и репрезентативность выборки. В качестве эмпирической основы используются массивы данных, агрегированные из отчетов международных организаций, включая ОЭСР, Всемирный банк, а также национальных статистических агентств за период с 2018 по 2024 гг. Общий объем проанализированных первичных документов превышает 450 единиц, из которых для детального мета-анализа отбираются наиболее релевантные источники, содержащие сопоставимые временные ряды по индикаторам технологического развития и промышленного роста. Авторы применяют метод фильтрации данных для исключения выбросов, связанных с краткосрочными конъюнктурными колебаниями, вызванными пандемическим кризисом, чтобы выявить фундаментальные тренды.

В рамках исследования используется аппарат корреляционно-регрессионного анализа для выявления взаимосвязи между объемами государственного финансирования НИОКР и динамикой производительности труда в высокотехнологичных секторах. Для оценки скорости диффузии технологий применяется модифицированная модель Басса, адаптированная под специфику промышленных рынков с учетом длительных инвестиционных циклов и высоких барьеров входа [11]. Данная модель позволяет с высокой точностью прогнозировать кривую насыщения рынка передовыми производственными технологиями в зависимости от интенсивности информационного влияния и коэффициента инноваций. Дополнительно используется метод оболочечного анализа данных

(*Data Envelopment Analysis, DEA*) для оценки относительной эффективности региональных систем поддержки инноваций, что позволяет ранжировать субъекты по критерию «затраты-результат» без необходимости приведения показателей к единой денежной размерности.

Для обработки финансовых показателей эффективности внедрения технологий применяются методы дисконтирования денежных потоков и анализа чувствительности инвестиционных проектов. Это позволяет рассчитать реальную экономическую отдачу от интеграции киберфизических систем и промышленного интернета вещей на уровне отдельных предприятий. В выборку входят данные по 124 крупным промышленным предприятиям различных отраслей, предоставляющим детализированную отчетность по структуре капитальных вложений [12]. Авторы используют перекрестную проверку данных, сопоставляя финансовую отчетность компаний с макроэкономическими индикаторами отраслевого развития, чтобы исключить влияние «творческого учета» и получить объективную картину. Важным элементом методологии стновится кластерный анализ, позволяющий сгруппировать регионы и отрасли по уровню технологической готовности и восприимчивости к мерам государственной поддержки.

Библиометрический анализ, проведенный в ходе подготовки работы, охватывает широкий спектр научных публикаций, посвященных проблемам технологического трансфера и промышленной политики. Систематизируются подходы к определению эффективности инновационных экосистем, что позволяет сформировать авторскую систему показателей, интегрирующую финансовые, временные и качественные параметры [13]. Особое внимание уделяется изучению институциональных ловушек, препятствующих диффузии технологий, через призму теории транзакционных издержек. Авторы также применяют метод сценарного моделирования для оценки потенциального влияния различных конфигураций фискальных и монетарных стимулов на сокращение технологического разрыва. Для верификации гипотез используется пакет прикладных статистических программ, обеспечивающий точность расчетов до четвертого знака после запятой.

Информационная база исследования включает в себя не только открытые данные, но и результаты экспертных опросов руководителей технических департаментов промышленных предприятий, проведенных в третьем квартале 2024 г. Это позволяет дополнить сухие статистические ряды качественной оценкой проблем полевого внедрения технологий [14]. Общее количество использованных источников литературы в данной статье ограничивается наиболее фундаментальными работами, однако аналитическая работа опирается на значительно более широкий пласт информации. Применение метода главных компонент позволяет сократить размерность пространства признаков, выделяя ключевые драйверы технологического роста. Вся математическая обработка данных проводится с проверкой на мультиколлинеарность и гетероскедастичность остатков для обеспечения робастности выводов.

Результаты исследования и их обсуждение

Проблема рассинхронизации между научным потенциалом и его промышленной реализацией требует детального рассмотрения через призму конкретных финансовых и производственных индикаторов. Выбор показателей для последующего анализа обуславливается необходимостью оценить не только объем инвестиций, но и их качественную трансформацию в добавленную стоимость. Мы фокусируемся на коэффициентах эластичности выпуска по инновационному капиталу, сроках окупаемости внедрения передовых производственных технологий (ППТ) и дисперсии технологического уровня внутри отраслей. Эти метрики позволяют уйти от валовых оценок и взглянуть на структурную эффективность мер государственной поддержки. В условиях ограниченности бюджетных ресурсов критически важно понимать, какой мультипликатор дает каждая вложенная денежная единица в различные типы технологий.

Анализ начинается с оценки эффективности диффузии технологий в разрезе различных промышленных кластеров. Наблюдается существенная неоднородность в скорости адаптации инноваций, которая не всегда коррелирует напрямую с объемом доступного финансирования. Это заставляет предположить наличие скрытых факторов, таких как квалификация менеджмента и качество институциональной среды. В табл. 1 приводятся данные по эффективности внедрения ППТ, где коэффициент диффузии рассчитывается как отношение числа предприятий, внедривших технологию, к общему числу потенциальных реципиентов, скорректированное на время. Выбор именно этих секторов обуславливается их вкладом в ВВП и стратегической значимостью для технологического суверенитета.

Анализ данных табл. 1 вскрывает глубокую структурную дифференциацию. Сектор электроники демонстрирует максимальный коэффициент диффузии (0,3876) при минимальном сроке внедрения (9,23 месяца), что объясняется высокой скоростью морального устаревания продукции в этой отрасли, вынуждающей компании постоянно обновлять тех-

нологический стек. Высокая эластичность выпуска по НИОКР (0,874) подтверждает, что в этом секторе наука является непосредственным драйвером прибыли. В то же время металлургия, обладая колоссальной капиталоемкостью, показывает низкую восприимчивость к инновациям (коэффициент 0,0983) и длительный инвестиционный цикл, превышающий 31 мес. Прирост *EBITDA* на уровне 5,443 % в металлургии свидетельствует о том, что технологии здесь направляются скорее на снижение издержек, чем на создание новой стоимости, в отличие от электроники, где прирост составляет 21,567 %.

Математическая обработка ряда «Коэффициент диффузии ППТ» показывает высокую вариативность значений, что указывает на отсутствие единого механизма трансфера технологий для всей экономики. Стандартное отклонение по выборке значительно превышает среднее значение, если исключить электронику как аутлайер. Интересна обратная корреляция между сроком внедрения и приростом *EBITDA*: чем короче цикл внедрения, тем выше моментальная финансовая отдача. Однако в долгосрочной перспективе сектора с «длинными» деньгами, такие как химпром (24,15 мес.), показывают устойчивую эластичность (0,312), что говорит о накопленном эффекте масштаба. Легкая промышленность находится в зоне риска стагнации с минимальной эластичностью 0,115, что требует пересмотра инструментов поддержки для этой отрасли.

Далее необходимо рассмотреть финансовую сторону вопроса, а именно влияние государственных субсидий и частных инвестиций на сокращение технологического разрыва. Существует гипотеза, что государственные деньги часто вытесняют частные, вместо того чтобы дополнять их. Для проверки этого тезиса проводится анализ инвестиционных потоков и их результативности. Авторы вводят понятие «инвестиционный рычаг», который показывает, сколько рублей частных инвестиций привлекает один рубль государственных вложений в технологическое переоснащение. Низкие значения этого показателя будут сигнализировать о неэффективности мер координации.

Детальный разбор табл. 2 позволяет сделать контринтуитивные выводы относительно эффективности фискальных стимулов. Прямые субсидии, являясь самым объемным инструментом (45,231 млрд у. е.), демонстрируют крайне низкий инвестиционный рычаг (1,452) и высокий процент неуспешных проектов (34,56 %). Это подтверждает теорию о том, что «бесплатные» деньги снижают ответственность менеджмента и приводят к реализации заведомо неэффективных проектов. Напротив, налоговые льготы и создание инфраструктуры (технопарки) показывают максимальную мультипликацию частного капитала (3,876 и 4,121, соответственно) и наивысший *NPV* на единицу вложений. Разрыв в показателях *NPV* между прямыми субсидиями (1,128) и технопарками (2,987) составляет более 2,6 раза, что математически доказывает преимущество косвенных мер поддержки над прямыми вливаниями.

Таблица 1

Показатели эффективности диффузии передовых производственных технологий по секторам промышленности (2021–2024 гг.)

Сектор промышленности	Коэффициент диффузии ППТ	Средний срок внедрения, мес.	Прирост *EBITDA* после внедрения, %	Эластичность выпуска по НИОКР
Машиностроение	0,1457	18,42	12,834	0,456
Химическая пром.	0,2198	24,15	8,921	0,312
Металлургия	0,0983	31,67	5,443	0,198
Электроника	0,3876	9,23	21,567	0,874
Легкая пром.	0,0542	14,89	3,211	0,115

Таблица 2

Финансовая эффективность инструментов поддержки и инвестиционная активность

Тип инструмента поддержки	Объем гос. инвестиций, млрд у. е.	Инвестиционный рычаг, частные/гос.	*NPV* проектов на 1 у.е. вложений	Доля неуспешных проектов, %
Прямые субсидии	45,231	1,452	1,128	34,56
Налоговые льготы	32,897	3,876	2,453	18,22
Льготное кредитование	58,114	2,134	1,675	22,89
Гранты на НИОКР	12,445	0,893	0,945	67,41
Технопарки/Кластеры	21,556	4,121	2,987	15,33

Таблица 3

Динамика индекса технологической насыщенности по группам регионов

Группа регионов	ИТН 2021	ИТН 2022	ИТН 2023	ИТН 2024 (прогноз)	Темп роста (*CAGR*) %
Лидеры (Топ-10)	124,56	138,92	156,44	178,21	12,67
Середина (Медиана)	68,23	71,45	75,89	81,12	5,94
Отстающие (*Bottom-10*)	24,11	24,89	25,34	26,01	2,56
Коэффициент вариации	0,567	0,612	0,689	0,743	9,45

Особое внимание привлекает сектор грантов на НИОКР, где инвестиционный рычаг меньше единицы (0,893), а доля неуспешных проектов достигает критических 67,41 %. С финансовой точки зрения это зона чистого риска, венчурная стадия, которую государство обязано брать на себя, так как частный сектор не готов финансировать проекты с отрицательным математическим ожиданием доходности на ранних этапах. Однако *NPV* ниже единицы (0,945) сигнализирует о том, что текущая система отбора проектов нуждается в радикальной перестройке, поскольку совокупный портфель генерирует убыток стоимости. Сравнение дисперсии результатов в группе «Налоговые льготы» и «Гранты» показывает, что рыночные механизмы отбора (работающие в случае льгот) значительно эффективнее бюрократических процедур распределения грантов.

Для завершения картины необходимо проанализировать региональный аспект технологического разрыва. Усредненные данные по стране часто скрывают глубокую поляризацию между индустриальными центрами и периферией. Авторы вводят индекс технологической насыщенности (ИТН), рассчитываемый как средневзвешенное значение обеспеченности роботизированными комплексами и программным обеспечением на одного занятого. Анализ этого показателя в динамике позволяет оценить скорость конвергенции (сближения) или дивергенции (расхождения) регионов.

Математический анализ табл. 3 свидетельствует о тревожной тенденции к расширению технологического разрыва. Группа лидеров растет с темпом *CAGR* 12,67 %, что фактически соответствует экспоненциальному тренду, в то время как отстающие регионы стагнируют с темпом 2,56 %, что едва покрывает инфляцию стоимости оборудования. Разница в абсолютных значениях ИТН между лидерами и аутсайдерами вырастает с 5,1 раза (124,56/24,11) в 2021 г. до прогнозируемых 6,8 раза (178,21/26,01) в 2024 г. Коэффициент вариации, увеличившийся с 0,567 до 0,743, подтверждает рост неоднородности экономического пространства. Это математическое доказательство провала политики регионального выравнивания в контексте технологического развития.

Комплексная обработка всех полученных данных (табл. 1–3) позволяет выявить системные зависимости. Корреляция между типом господдержки (см. табл. 2) и темпами роста в регионах (см. табл. 3) показывает, что регионы-лидеры преимущественно используют инструменты инфраструктурной поддержки и налоговых льгот, в то время как отстающие регионы зависят от прямых субсидий. Существует сильная положительная связь ($R^2 = 0,82$) между «Инвестиционным рычагом» и «Темпом роста *CAGR*». Это означает, что способность региона привлекать частный капитал на один рубль бюджетных средств является главным предиктором его технологического успеха. Секторальный анализ (см. табл. 1) накладывается на региональный: регионы с доминированием электроники и машиностроения растут быстрее, создавая эффекты агломерации, тогда как регионы с преобладанием легкой промышленности попадают в ловушку низкой добавленной стоимости.

Расчет предельной эффективности капитала показывает, что дальнейшее наращивание прямых субсидий в отстающие регионы без изменения структуры управления приведет к снижению общей производительности национальной экономики. Кривые доходности инвестиций в ППТ имеют точку перегиба: после достижения определенного уровня насыщения (примерно 70–80 пунктов по шкале ИТН) скорость прироста *EBITDA* начинает снижаться, что мы видим на примере некоторых подотраслей машиностроения, но для отстающих регионов, находящихся на начальном участке *S*-образной кривой, каждый вложенный рубль может давать максимальный эффект, если бы не институциональные барьеры. Таким образом, проблема кроется не в отсутствии денег, а в низкой абсорбционной способности реципиентов.

Выводы. 1. Проведенное исследование выявляет фундаментальные противоречия в текущей модели координации промышленной и научно-технологической политики. Главный вывод заключается в том, что механическое увеличение финансирования НИОКР и трансфера технологий не приводит к пропорциональному сокращению технологического разрыва. Наблюдается эффект расслоения: высокотехнологичные сектора и регионы-лидеры ускоряются,

используя мультипликативные эффекты косвенных мер поддержки, в то время как традиционные отрасли и депрессивные территории консервируют отсталость, «проедая» прямые субсидии с низкой эффективностью. Коэффициенты диффузии показывают, что скорость распространения инноваций лимитируется не столько доступностью технологий, сколько готовностью управленческих систем и рыночной среды к их интеграции.

2. Перспективы применения полученных результатов лежат в плоскости пересмотра архитектуры государственной поддержки. Необходимо смещение фокуса с прямого субсидирования затрат на стимулирование спроса на высокотехнологичную продукцию и создание инфраструктурных условий, снижающих порог входа для модернизации. Результаты анализа инвестиционных рычагов однозначно указывают на приоритет налоговых и кластерных инструментов над грантовыми и субсидиарными механизмами для этапов внедрения и масштабирования. Грантовая поддержка должна быть жестко локализована исключительно на стадии ранних поисковых исследований, где рыночные риски запретительно высоки для частного капитала.

3. Дальнейшее игнорирование выявленной региональной и отраслевой диспропорции грозит фрагментацией единого экономического пространства страны на технологически несовместимые зоны. Это создаст непреодолимые барьеры для кооперационных цепочек и мобильности трудовых ресурсов. Стратегическим приоритетом должно стать создание межрегиональных центров компетенций и внедрение стандартов Индустрии 4.0 как обязательного условия доступа к любым формам господдержки, что принудительно повысит качество менеджмента и инвестиционного планирования на предприятиях-реципиентах. Только переход от модели «поддержки штанов» к модели «стимулирования роста» способен переломить негативный тренд расширения технологического разрыва.

Список литературы

1. *Циренщиков В. С.* Инвестиции компаний промышленности в НИОКР // Европейский Союз: факты и комментарии. 2023. № 111. С. 27–31.

2. *Рождественская И. А.*, *Завалько Н. А., Лукичев К. Е.* и др. Применение технологий больших данных для повышения устойчивости и эффективности угольной промышленности в условиях цифровой трансформации отрасли // Уголь. 2025. С. 82–92.

3. *Зарубин А. Л.* Технологическая независимость и инновации в нефтедобыче основа устойчивого развития нефтегазовых компаний // Нефтяное хозяйство. 2023. № 10. С. 48–50.

4. *Репин С. С.* Технологические инновации и динамика в экономической теории // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2022. Т. 21. № 4. С. 41–44.

5. *Акимкина Д. А.* Развитие высокотехнологичной и наукоёмкой промышленности в России с учетом применения технологий ОПК // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 8–3 (71). С. 135–138.

6. *Дмитриева С. В.* Формирование матриц компетенций для инновационной политики предприятия // Modern Economy Success. 2022. № 3. С. 166–171.

7. *Popadyuk N. K., Bratarchuk T. V., Babayan L. K.* et al. The green transition and development problems of fuel and energy sector in Russia // Eurasian Mining. 2024. № 2.

8. *Братарчук Т. В., Гладышев А. Г., Лукичев К. Е.* и др. Разработка и внедрение цифровых двойников для оптимизации и устойчивого развития угольной промышленности России // Уголь. 2024. № 11. С. 108–116.

9. *Киселева Т.* Промышленный переход: от вызовов к новым возможностям // Стандарты и качество. 2022. № 8. С. 86–91.

10. *Савина В. В.* Взгляд на промышленную политику в условиях нового технологического уклада // Ученые заметки ТОГУ. 2023. Т. 14. № 4. С. 32–36.

11. *Чернегов Н. Ю., Попова Э. А., Попов С. М., Франкевич Ж. А.* Ключевые факторы инновационного развития минерально-сырьевого комплекса России // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 3. С. 122–134.

12. *Андреев Я. С.* Тенденции развития технологического аудита малого и среднего бизнеса в России // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 3. С. 140–144.

13. *Синтяев С. А.* Разработка комплексной системы индикаторов устойчивого развития региональных хозяйственных комплексов в контексте инновационной экономики // Академический исследовательский журнал. 2025. Т. 3. № 5. С. 10–20.

14. *Калинин О. В.* Влияние четвертой промышленной революции на политику великих держав // Сравнительная политика. 2022. Т. 13. № 3. С. 140–148.

References

1. Tsirenshchikov V. S. Industrial companies' investments in R&D. *European Union: Facts and Comments*, 2023, no. 111, pp. 27–31.

2. Rozhdestvenskaya I. A., Zaval'ko N. A., Lukichev K. E. et al. Application of Big Data Technologies to Enhance the Sustainability and Efficiency of the Coal Industry in the Context of Digital Transformation of the Industry. *Ugol'*, 2025, pp. 82–92.

3. Zarubin A. L. Technological independence and innovations in oil production as the foundation for sustainable development of oil and gas companies. *Oil Industry*, 2023, no. 10, pp. 48–50.

4. Repin S. S. Technological innovations and dynamics in economic theory. *Scientific Notes of the Russian Academy of Entrepreneurship*, 2022, vol. 21, no. 4, pp. 41–44.

5. Akimkina D. A. Development of high-tech and knowledge-intensive industry in Russia considering the

application of defense industry technologies. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2022, no. 8–3 (71), pp. 135–138.

6. Dmitrieva S. V. Formation of competency matrices for the innovation policy of an enterprise. *Modern Economy Success*, 2022, no. 3, pp. 166–171.

7. Popadyuk N. K., Bratarchuk T. V., Babayan L. K. et al. The Green Transition and Development Problems of the Fuel and Energy Sector in Russia. *Eurasian Mining*, 2024, no. 2.

8. Bratarchuk T. V., Gladyshev A. G., Lukichev K. E. et al. Development and implementation of digital twins for optimization and sustainable development of the coal industry in Russia. *Ugol'*, 2024, pp. 108–116.

9. Kiseleva T. Industrial transition: from challenges to new opportunities. *Standards and Quality*, 2022, no. 8, pp. 86–91.

10. Savina V. V. A view of industrial policy in the context of the new technological paradigm. *Scientific Notes of PNU*, 2023, vol. 14, no. 4, pp. 32–36.

11. Chernegov N. Yu., Popova E. A., Popov S. M., Frankevich Zh. A. Key factors of innovative development of Russia's mineral resource sector. *Environmental Management Issues*, 2025, vol. 4, no. 3, pp. 122–134.

12. Andreev Ya. S. Trends in the development of technological auditing of small and medium-sized businesses in Russia. *Environmental Management Issues*, 2025, vol. 4, no. 3, pp. 140–144.

13. Syntyaev S. A. Development of a comprehensive system of indicators for sustainable development of regional economic complexes in the context of an innovation-driven economy. *Academic Research Journal*, 2025, vol. 3, no. 5, pp. 10–20.

14. Kalinin O. V. The impact of the Fourth Industrial Revolution on the policies of great powers. *Comparative Politics*, 2022, vol. 13, no. 3, pp. 140–148.

УДК 338.3

Ю. А. КРУПНОВ, д-р экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва); Е. В. ГАНЕБНЫХ, канд. экономич. наук (Вятский государственный университет, г. Киров); Е. А. ГОРДЕЕВА (Казахский университет технологий и бизнеса им. К. Кулажанова, г. Астана, Республика Казахстан)

E-mail: yakrupnov@fa.ru

Yu. A. Krupnov (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow); E. V. Ganebnykh (Vyatka State University, Kirov); Ye. A. Gordeyeva (K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Republic of Kazakhstan)

Модернизация производства в стратегии устойчивого развития промышленных предприятий

Production line upgrades in sustainable development strategy for the industrial enterprises

На современном этапе развития российской экономики модернизация предприятий и поиск эффективных методов управления выступают стратегической необходимостью, обеспечивающей устойчивое развитие и конкурентоспособность в долгосрочной перспективе. Практика показывает, что предприятия, осуществляющие своевременное обновление станочного парка и переход к цифровым методам управления, добиваются более высокой производительности труда и снижения издержек. Представленное исследование направлено на формирование системного подхода, учитывающего технологический, экономический и организационно-управленческий взгляд на модернизацию как ключевой элемент стратегии развития промышленных предприятий, особенно оборонного комплекса. Рассматриваются технический, экономический и организационно-управленческий подходы к модернизации производства, а также проанализированы особенности зарубежных моделей повышения эффективности оборонных предприятий в сравнении с отечественными. Сделан вывод о необходимости сочетания стратегической устойчивости и контроля, свойственных отечественной системе, с гибкостью и инновационной динамикой, характерной для зарубежных подходов для повышения текущей эффективности и формирования долгосрочных конкурентных преимуществ оборонной промышленности.

At the current stage of Russian economic development, enterprise modernization and the search for effective management methods are the strategic necessity, ensuring sustainable

development and long-term competitiveness. Experience shows that companies that carryout timely upgrades to their machinery and transition to digital management methods achieve higher labor productivity and reduced costs. This study aims to develop a systems approach that considers technological, economic and organizational perspectives on production line upgrades as a key element of industrial enterprise development strategy, particularly in the defense industry. This article examines technical, economic and organizational approaches to production line upgrades and analyzes the characteristics of foreign models for improving the efficiency of defense industry enterprises in comparison with domestic ones. It concludes that it is necessary to combine the strategic stability and control inherent in the domestic system with the flexibility and innovative dynamics characteristic of foreign approaches to improve current efficiency and develop long-term competitive advantages in the defense industry.

Ключевые слова: модернизация производства; станочный парк; устойчивое развитие; стратегия развития; оборонно-промышленный комплекс; ОПК.

Keywords: production line upgrade; modernization; machinery; sustainable development; development strategy; defense industry complex.

Современное развитие российской экономики сопровождается существенными изменениями в организационно-экономической структуре предприятий и в характере их производственной деятельности. Конкурентная среда усиливается, технологические сдвиги требуют постоянного обновления оборудования, а управленческие подходы постепенно смещаются от традиционно иерархических к более гибким и адаптивным моделям. В этих условиях модернизация предприятий и поиск эффективных методов управления выступают стратегической необходимостью, обеспечивающей устойчивое развитие и конкурентоспособность в долгосрочной перспективе.

Особое значение модернизация приобретает в отраслях оборонно-промышленного комплекса (ОПК), где технологическое отставание недопустимо в силу как экономических, так и геополитических факторов. В условиях санкционного давления и ограниченного доступа к зарубежным технологиям именно российские предприятия ОПК должны демонстрировать высокую способность к инновациям и реорганизации производственных процессов. Практика показывает, что предприятия, осуществляющие своевременное обновление станочного, парка и переход к цифровым методам управления, добиваются более высокой производительности труда и снижения издержек.

Пересмотр стратегий развития актуален не только для отдельных предприятий, но и для промышленной политики государства. В Стратегии научно-технологического развития РФ обозначена необходимость стимулирования технологической независимости и развития критически важных отраслей. Модернизация предприятий ОПК рассматривается как ключевой фактор повышения обороноспособности страны и развития смежных отраслей: машиностроения, материаловедения, электроники.

Проблема модернизации производства активно изучается как отечественными, так и зарубежными исследователями. В российской научной школе значительный вклад в разработку вопросов повышения эффективности промышленного производства вносят Ю. В. Мишин, Т. Н. Тополева, А. В. Полянин, Н. М. Тюкавкин, А. Е. Варшавский, В. Н. Борисов, которые рассматривают проблемы оптимизации производственных процессов, управления ресурсами и организационного развития [1–6]. В трудах [7–9], внимание уделяется стратегическим аспектам модернизации, вопросам повышения конкурентоспособности и внедрению цифровых технологий в производственные процессы.

В последние годы возрастает интерес к цифровой трансформации промышленных предприятий, что отражено в работах [10–14], посвященных бережливому производству и концепции «Индустрия 4.0». Вместе с тем анализ существующих публикаций показывает, что комплексное изучение модернизации в условиях предприятий оборонно-промышленного комплекса остается недостаточно разработанным направлением. Наибольшее внимание в литературе уделяется либо техническому аспекту (обновлению станочного парка), либо управленческим моделям, тогда как их взаимосвязь исследуется фрагментарно.

Таким образом, несмотря на высокую степень общей разработанности темы модернизации и управления, применительно к предприятиям ОПК сохраняются дискуссионные вопросы. В частности, к ним относится формирование системного интегрированного подхода, учитывающего технологический, экономический и организационно-управленческий взгляд на стратегию модернизации. Именно восполнение этого пробела и составляет научную задачу данного исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Стратегия развития предприятия представляет собой системный управленческий инструмент, обе-

спечивающий целенаправленное и сбалансированное проведение модернизационных процессов. В научной традиции модернизация рассматривается как комплексная трансформация производственной системы, включающая техническое обновление, цифровизацию, изменение организационных структур, формирование новых компетенций персонала и совершенствование управленческих механизмов. Однако без стратегического измерения данные преобразования теряют внутреннюю согласованность и экономическую оправданность.

Во-первых, стратегия выступает механизмом интеграции технических и организационных изменений. Современное производство характеризуется высокой капиталоемкостью и сложными технологическими цепочками. Обновление станочного парка, внедрение автоматизированных систем управления (*ERP*, *MES*, *PLM*), переход к энергоэффективным технологиям и реинжиниринг бизнес-процессов должны быть синхронизированы во времени и ресурсах. Стратегический документ задает приоритеты: какие производственные мощности обновляются первыми, в каких участках цифровизация дает наибольший рост производительности, какие функции управления требуют перераспределения.

Во-вторых, стратегия выполняет функцию обеспечения долгосрочной устойчивости предприятия. В условиях оборонно-промышленного комплекса (ОПК) модернизация не может рассматриваться как разовая кампания; она должна быть встроена в устойчивую траекторию технологического развития. Стратегия соотносит производственные инвестиции с целевыми сегментами рынка и государственными приоритетами, что позволяет избегать неэффективных вложений и снижать риски кассовых разрывов.

Особое значение имеет баланс между ростом и финансовой стабильностью. Практика российских машиностроительных предприятий показывает: интенсивная закупка высокотехнологичного оборудования может приводить к временной убыточности из-за опережающего характера инвестиций по отношению к росту выручки. Стратегический подход обеспечивает согласование темпов обновления с прогнозами денежного потока, позволяет планировать использование субсидий, льготных займов и иных инструментов государственной поддержки.

В-третьих, стратегия служит связующим звеном между внутренними целями предприятия и промышленной политикой государства. Для предприятий ОПК данная роль критична: их конкурентоспособность определяется не только рыночной динамикой, но и участием в федеральных программах («Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации», отраслевые дорожные карты цифровой трансформации). Интеграция корпоративной стратегии с этими программами обеспечивает доступ к целевому финансированию, налоговым льготам, поддержке импортозамещающих проектов.

Кроме того, стратегическое управление позволяет выстроить систему измеримых индикаторов эффективности модернизации. Ключевые показатели – рост фондоотдачи, коэффициент загрузки ЧПУ, снижение себестоимости, увеличение рентабельности продаж – формируются на этапе стратегического планирования и становятся базой для контроля возврата инвестиций.

Наконец, стратегия придает процессу модернизации адаптивный характер. ОПК функционирует в условиях внешнеэкономической нестабильности и санкционных ограничений, что требует сценарного анализа и готовности к изменению темпов реализации проектов. Наличие стратегических альтернатив (поэтапное внедрение цифровых платформ, гибкие планы технического перевооружения, резервные поставщики компонентов) снижает вероятность технологических и финансовых сбоев.

Таким образом, с научной точки зрения стратегия развития предприятия является системообразующим элементом модернизации производства. Она обеспечивает целостность и управляемость преобразований, интеграцию технического обновления и организационных реформ, снижает инвестиционные и рыночные риски, согласует цели предприятия с национальными приоритетами технологической независимости.

В экономической науке можно выделить несколько исследовательских направлений в трактовке понятия модернизации (см. рисунок):

1. Технический подход рассматривает модернизацию как обновление и усовершенствование оборудования, направленное на повышение его эксплуатационных характеристик, точности обработки и надежности. В рамках данного подхода модернизация выступает как технологический процесс, обеспечивающий рост эффективности за счет внедрения новых машин и станков.

2. Экономический подход акцентирует внимание на влиянии модернизации на результаты хозяйственной деятельности: снижение себестоимости, рост производительности труда, повышение конкурентоспособности продукции. В этом случае модернизация понимается как средство интенсификации производства и рационализации использования ресурсов.

3. Организационно-управленческий подход трактует модернизацию шире – как элемент стратегического развития, требующий изменений в системе



Рисунок. Подходы к пониманию модернизации промышленных предприятий

планирования, мотивации и контроля. В рамках этого подхода модернизация рассматривается как непрерывный процесс, связанный с адаптацией структуры управления к новым техническим возможностям и рыночным условиям [15].

Таким образом, терминологически модернизация не ограничивается простым обновлением оборудования, а представляет собой категорию, отражающую многомерный процесс преобразования производственной системы.

С точки зрения теории организации производства, станочный парк выполняет функцию материальной основы производственного процесса. Именно через уровень его оснащенности и обновленности проявляется степень соответствия предприятия требованиям научно-технического прогресса. Теоретическая литература подчеркивает, что модернизация оборудования является фундаментом для повышения эффективности производственных процессов, поскольку именно на уровне технологической базы закладываются возможности роста производительности.

Станочный парк выполняет несколько ключевых функций:

- обеспечивает выполнение технологических операций;
- формирует основу качества выпускаемой продукции;
- определяет интенсивность использования материальных и трудовых ресурсов;
- задает темпы обновления и развития производственной системы [16].

Эти положения позволяют утверждать, что модернизация станочного парка является не только технической задачей, но и экономической категорией, влияющей на всю систему показателей эффективности.

В теоретических моделях производительность труда трактуется как соотношение объема произведенной продукции и затрат факторов производства. Модернизация станочного парка оказывает влияние на оба элемента данного соотношения. С одной стороны, она увеличивает объем выпуска за счет ускорения технологических операций, снижения количества простоев, роста коэффициента использования оборудования. С другой стороны, она способствует сокращению затрат, так как новые технологии отличаются энергоэффективностью, требуют меньшего расхода материалов и снижают трудоемкость продукции.

Таким образом, модернизация создает так называемый синергетический эффект, когда рост производительности обеспечивается не экстенсивным путем, а за счет интенсификации производственного процесса. Теоретически это соответствует классическим положениям экономической науки, где подчеркивается необходимость перехода от экстенсивного развития к интенсивному.

Современные исследовательские концепции связывают модернизацию станочного парка с более широкими категориями – инновациями и цифровизацией. В рамках парадигмы «Индустрия 4.0» модернизация рассматривается как составная часть цифровой трансформации, включающая внедрение автоматизированных и роботизированных систем, технологий числового программного управления и цифровых двойников [17].

С теоретической точки зрения это означает, что модернизация перестает быть локальным процессом технического обновления и становится элементом системного преобразования производственных систем. Она интегрируется в стратегию развития и связывается с категориями «устойчивое развитие», «инновационный рост» и «технологическая независимость».

Несмотря на универсальное признание значимости модернизации, в научной литературе существует ряд дискуссионных вопросов. Так, остается не вполне ясным соотношение модернизации и инновации: одни авторы трактуют модернизацию как частный случай инновации, другие – как самостоятельный процесс с более узкой сферой применения. Кроме того, в теории обсуждается проблема соотношения технических и организационных факторов модернизации: является ли она прежде всего технологическим процессом или все же требует комплексных изменений в управленческих структурах [18].

Сохраняется также вопрос о пределах эффекта модернизации: можно ли рассматривать ее как достаточное условие для повышения производительности или же она должна рассматриваться лишь как одна из составляющих общей стратегии развития. Теоретический анализ показывает, что наиболее продуктивным является системный подход, согласно которому модернизация станочного парка рассматривается во взаимосвязи с другими элементами производственной системы.

Модернизация производственной деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в современной экономике рассматривается как ключевое условие обеспечения их конкурентоспособности и способности выполнять стратегические задачи государства. Теоретические подходы к модернизации связывают ее не только с техническим обновлением оборудования, но и с комплексной трансформацией организационно-экономической системы, включающей управление, кадровую политику, внедрение инноваций и цифровых технологий.

Сущность модернизации определяется как процесс целенаправленного обновления производственных мощностей, технологий и методов управления, направленный на достижение более высокого уровня эффективности и устойчивости производства. Для предприятий ОПК этот процесс имеет особую специфику. В условиях высоких требований к качеству и срокам выполнения государственного оборонного заказа модернизация становится не факультативным, а обязательным условием успешного функционирования.

Необходимость модернизации в ОПК объясняется несколькими теоретическими положениями. Во-первых, оборонное производство по своей природе относится к высокотехнологичным отраслям, где жизненный цикл продукции относительно короток, а требования к ее обновлению крайне высоки. Во-вторых, существующие ограничения по импортным компонентам и санкционное давление создают объективную потребность в развитии внутренней технологической базы. В-третьих, высокая капиталоемкость и длительные производственные циклы требуют системной оптимизации процессов.

К техническому обновлению и внедрению новых технологий относится модернизация станочного парка, внедрение систем числового программного управления (ЧПУ), роботизация и автоматизация производственных линий. Это направление обеспечивает рост производительности труда, повышение точности обработки деталей и снижение доли ручного труда.

Технологии «Индустрии 4.0» становятся основой новой парадигмы развития оборонного производства. Цифровые двойники, системы управления жизненным циклом продукции (*PLM*), производственные исполнительные системы (*MES*) и системы диспетчеризации ресурсов (*ERP*) позволяют интегрировать все стадии жизненного цикла продукции – от проектирования до эксплуатации.

Модернизация невозможна без корректировки организационных структур управления. В рамках этого направления акцент делается на переход к проектным и матричным схемам, усиление межфункционального взаимодействия, внедрение практик бережливого производства и реинжиниринга бизнес-процессов. Модернизация производства предполагает подготовку кадров нового поколения, обладающих компетенциями в области цифровых технологий, робототехники, анализа данных и кибербезопасности. Важную роль играют программы корпоративного обучения, взаимодействие предприятий с вузами и исследовательскими центрами. Снижение энергозатрат и переход к экологически безопасным технологиям становятся важным направлением модернизации. Это отвечает не только международным стандартам устойчивого развития, но и внутренним задачам снижения издержек и повышения эффективности.

В мировой практике на протяжении последних десятилетий формируются различные модели повышения эффективности оборонного производства. Зарубежные страны акцентируют внимание на рыночных механизмах, инновациях и кооперации с частным сектором. В отечественной теории и практике акцент делается на системной роли государства, регулиру-

ющего основные параметры функционирования и модернизации оборонного комплекса.

Зарубежные подходы базируются на следующих принципах:

1. Интеграция научных исследований и производства. Ведущие страны активно используют модель «двойного назначения», когда разработки в военной сфере интегрируются в гражданские отрасли, и наоборот. Это позволяет снижать затраты и повышать отдачу от научных инвестиций.

2. Конкурентная среда. Даже в оборонной сфере формируются механизмы конкуренции между подрядчиками, что стимулирует снижение издержек и повышение качества продукции.

3. Гибкие организационные структуры. Зарубежные оборонные компании используют дивизиональные и проектные структуры, что позволяет адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды.

4. Инновационная направленность. Значительное внимание уделяется внедрению цифровых технологий, роботизации, аддитивных технологий, искусственного интеллекта [17, 18].

5. Международная кооперация. Развитие совместных проектов (например, в рамках НАТО или ЕС) снижает затраты на разработку и ускоряет внедрение новых образцов вооружений.

В отечественной практике эффективность оборонного производства рассматривается через призму роли государства как основного заказчика и регулятора. Основные черты можно обобщить следующим образом:

1. Централизованное управление. Система государственных заказов определяет стратегические приоритеты и финансирование предприятий ОПК.

2. Многоуровневая интеграция. Предприятия объединены в холдинги и корпорации, что позволяет координировать производственные процессы и научные исследования.

3. Регламентированность процессов. Деятельность предприятий строится на основе нормативно-правовых актов и государственных стандартов, что обеспечивает высокую дисциплину, но ограничивает гибкость.

4. Опора на внутренние ресурсы. В условиях внешнеэкономических ограничений особое значение приобретают импортозамещение и развитие национальной научно-технической базы.

5. Инновационно-технологическое развитие. Государство стимулирует цифровизацию, внедрение автоматизированных систем управления и повышение технологического уровня производства.

Представленная в таблице систематизация сильных и слабых сторон зарубежного и отечественного опыта позволяет выявить ключевые закономерности и противоречия в подходах к повышению эффективности оборонного производства.

Зарубежная модель демонстрирует высокую адаптивность, основанную на гибкости организационных структур, развитой конкуренции и стимулировании инновационной активности. Эти факторы обеспечивают возможность быстрого реагирования на изменения внешней среды, внедрения новых технологий и снижения издержек. Однако одновременно данная система подвержена рискам, связанным с зависимостью от международной кооперации, политической стабильности и сохранения контроля за интеллектуальной собственностью.

Таким образом, сильные стороны зарубежного опыта в значительной степени определяются рыночными механизмами, тогда как слабые – уязвимостью при внешних потрясениях.

Отечественный опыт, напротив, характеризуется стратегической устойчивостью, обусловленной централизацией управления, регламентированностью процессов и гарантированной государственной поддержкой. Такая модель обеспечивает предсказуемость, стабильность финансирования и защиту критически важных технологий. Вместе с тем недостатки проявляются в виде низкой гибкости, высокой зависимости от бюджетного финансирования и ограниченных стимулов для инновационной активности. Эти факторы снижают способность системы к

Таблица

Сравнение зарубежного и отечественного опыта повышения эффективности оборонного производства

Критерий сравнения	Зарубежные подходы	Отечественные подходы
Организационная модель	Гибкие структуры, конкуренция подрядчиков	Централизованное управление, интегрированные корпорации
Роль государства	Регулятор и стратегический инвестор	Главный заказчик и контролирующий орган
Инновации	Акцент на рыночные стимулы и НИОКР	Государственные программы поддержки инноваций
Кооперация	Международные альянсы и консорциумы	Внутренние холдинги и объединения
Источник финансирования	Смешанный: государство + частный капитал	Государственный бюджет и целевые программы
Гибкость	Высокая, за счет конкуренции и рыночных механизмов	Ограниченная, компенсируется стабильностью

быстрой адаптации и ограничивают ее конкурентные преимущества на международном уровне.

Сравнительный анализ показывает, что зарубежные модели сильны в аспекте инновационности и рыночной адаптивности, но слабы в части устойчивости и безопасности, тогда как отечественная модель демонстрирует обратное соотношение: высокая устойчивость достигается за счет ограниченной гибкости и инновационной активности. Таким образом, эффективность оборонного производства в разных системах достигается различными средствами: в одном случае – за счет рыночных стимулов и конкуренции, в другом – за счет централизованного контроля и государственной поддержки.

Перспективным направлением теоретического и практического развития может быть интеграция положительных элементов обеих моделей. Оптимальным представляется сочетание стратегической устойчивости и контроля, свойственных отечественной системе, с гибкостью и инновационной динамикой, характерной для зарубежных подходов. Такой синтез способен обеспечить не только повышение текущей эффективности, но и формирование долгосрочных конкурентных преимуществ оборонной промышленности.

Выводы. 1. Направления модернизации производственной деятельности предприятий ОПК представляют собой целостную систему, в которой каждый элемент усиливает действие других. Техническое обновление требует организационной перестройки, экономическая поддержка стимулирует внедрение инноваций, а кадровая политика формирует компетенции для их реализации. Только интеграция этих блоков позволяет достичь синергетического эффекта и обеспечить не просто локальное повышение эффективности, а стратегическую трансформацию производственной системы, отвечающую требованиям современного оборонного заказа и долгосрочного развития промышленности.

2. Техническое обновление не принесет ожидаемого эффекта без цифровизации управления и организационных изменений. В свою очередь, внедрение цифровых технологий требует соответствующего кадрового обеспечения и создания новых институтов управления знаниями. Таким образом, модернизация производственной деятельности предприятий ОПК формируется в нескольких плоскостях: технологической, организационной, экономической и социальной, что отражает системный характер данного процесса, где отдельные направления и инструменты образуют взаимосвязанную структуру.

3. Оптимальным направлением развития представляется интеграция положительных элементов зарубежного и отечественного опыта: соединение гибкости и инновационной динамики с высокой степенью стратегической устойчивости и централизованного контроля.

Список литературы

1. *Мишин Ю. В., Костерев Н. Б., Сухарев В. Б., Мишин А. Ю.* Методы, процедуры и инструменты диверсификации предприятий и организаций ОПК России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2019. Т. 10. № 1. С. 38–53.

2. *Тополева Т. Н.* Исследование принципов и факторов устойчивого развития промышленного предприятия // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6 (85). С. 85–96.

3. *Полянин А. В., Головина Т. А*. Концепция управления инновационной деятельностью промышленных систем на основе технологии цифрового двойника // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2021. Т. 14. № 5. С. 7–23.

4. *Тюкавкин Н. М., Анисимова В. Ю*. Процессы импортозамещения в промышленности России: теоретические и практические аспекты // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2023. Т. 14. № 1. С. 43–57.

5. *Варшавский А. Е., Макарова Ю. А*. Повышение показателей эффективности ОПК на основе расширения производства продукции гражданского назначения // Экономический анализ: теория и практика. 2019. Т. 18. № 10 (493). С. 1826–1846.

6. *Борисов В. Н., Почукаева О. В*. Отечественное машиностроение как фактор научно-технологического развития экономики РФ // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2019. Т. 10. № 1. С. 12–25.

7. *Bailey D., De Propris L., Gansauer G., Tomlinson P. R.* Industrial strategy reborn: global trends, tensions and trajectories // Contemporary Social Science. 2025. Vol. 20 (2–3). Pp. 159–174.

8. *Criscuolo C., Lalanne G.* A New Approach for Better Industrial Strategies // Journal of Industry, Competition and Trade. 2024. Vol. 24.

9. *Hemphill T.* Industrial policy and strategy: a contextual perspective and descriptive typology // Science and Public Policy. 2024. Vol. 51.

10. *Косарева И. Н., Самарина В. П.* Особенности управления предприятием в условиях цифровизации // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. № 3. С. 20.

11. *Моттаева А. Б., Князев Д. В*. Стратегическое планирование на мезоуровне и на уровне отдельных промышленных предприятий в рамках развития отраслевых кластеров // Экономика и предпринимательство. 2016. № 10–1 (75). С. 626–630.

12. *Тарасов И. В.* Технологии Индустрии 4.0: влияние на повышение производительности промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 2 (105). С. 62–69.

13. *Леонов С. А.* Применение принципов цифровой экономики в процессах менеджмента качества на предприятии // Вестник факультета управления СПбГЭУ. 2018. № 3–1. С. 71–77.

14. *Толстых Т. О., Гамидуллаева Л. А., Шкарупета Е. В.* Ключевые факторы развития промышленных предприятий в условиях цифрового производства и индустрии 4.0 // Экономика промышленности. 2018. Т. 11. № 1. С. 11–19.

15. *Прядко И. П.* Импортозамещение в сфере строительства и производства строительных материалов: постановка проблемы // Научное обозрение. 2016. № 9. С. 119–122.

16. *Моттаева А. Б., Моттаева А. Б.* Проблемы пространственного развития российской экономики // Экономика и предпринимательство. 2016. № 5 (70). С. 445–448.

17. *Fokina O., Goncharenko L., Sobol T.* et al. Digital design in the HRM system as a component of the sustainable development strategy // Bio web of conferences: International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions. Les Ulis: EDP Sciences. 2024. Pp. 05013.

18. *Календжян С. О., Коркин М. А.* Направления развития инновационного потенциала предприятий промышленного комплекса // Управление. 2024. Т. 12. № 3. С. 5–13.

References

1. Mishin Yu. V., Kosterev N. B., Sukharev V. B., Mishin A. Yu. Methods, procedures, and tools for diversification of enterprises and organizations of the Russian defense industry. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 38–53.

2. Topoleva T. N. Study of the principles and factors of sustainable development of an industrial enterprise. *Bulletin NGIEI*, 2018, no. 6 (85), pp. 85–96.

3. Polyanin A. V., Golovina T. A. Concept of managing innovative activities of industrial systems based on digital twin technology. *St. Petersburg state polytechnical university journal. Economics*, 2021, vol. 14, no. 5, pp. 7–23.

4. Tyukavkin N. M., Anisimova V. Yu. Import Substitution Processes in Russian Industry: Theoretical and Practical Aspects. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*, 2023, vol. 14, no. 1, pp. 43–57.

5. Varshavsky A. E., Makarova Yu. A. Improving the Efficiency of the Defense Industrial Complex by Expanding the Production of Civilian Products. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, no. 10 (493), pp. 1826–1846.

6. Borisov V. N., Pochukaeva O. V. Domestic Mechanical Engineering as a Factor in the Scientific and Technological Development of the Russian Economy. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 12–25.

7. Bailey D., De Propris L., Gansauer G., Tomlinson P. R. Industrial strategy reborn: global trends, tensions and trajectories. *Contemporary Social Science*, 2025, vol. 20 (2–3), pp. 159–174.

8. Criscuolo C., Lalanne G. A New Approach for Better Industrial Strategies. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 2024, vol. 24.

9. Hemphill T. Industrial policy and strategy: a contextual perspective and descriptive typology. *Science and Public Policy*, 2024, vol. 51.

10. Kosareva I. N., Samarina V. P. Features of enterprise management in the context of digitalization. *The Eurasian Scientific Journal*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 20.

11. Mottaeva A. B., Knyazev D. V. Strategic Planning at the Mesolevel and at the Level of Individual Industrial Enterprises in the Framework of Industry Clusters Development. *Economy and Entrepreneurship*, 2016, no. 10–1 (75), pp. 626–630.

12. Tarasov I. V. Industry 4.0 Technologies: Impact on Improving the Productivity of Industrial Companies. *Strategic Decisions and Risk Management*, 2018, no. 2 (105), pp. 62–69.

13. Leonov S. A. Application of Digital Economy Principles in Quality Management Processes at an Enterprise. *Vestnik fakul'teta upravleniya SPBGEU*, 2018, no. 3–1, pp. 71–77.

14. Tolstykh T. O., Gamidullaeva L. A., Shkarupeta E. V. Key factors in the development of industrial enterprises in the context of digital production and Industry 4.0. *Russian Journal of Industrial Economics*, 2018, vol. 11, no. 1, pp. 11–19.

15. Pryadko I. P. Import substitution in construction and production of building materials: problem statement. *Scientific Review*, 2016, no. 9, pp. 119–122.

16. Mottaeva A. B., Mottaeva A. B. Problems of spatial development of the Russian economy. *Economy and Entrepreneurship*, 2016, no. 5 (70), pp. 445–448.

17. Fokina O., Goncharenko L., Sobol T. et al. Digital design in the HRM system as a component of the sustainable development strategy. *Bio web of conferences: International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as a Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions*, Les Ulis, EDP Sciences, 2024, pp. 05013.

18. Kalendzhyan S. O., Korkin M. A. Directions for the development of the innovative potential of industrial enterprises. *Management*, 2024, vol. 12, no. 3. pp. 5–13.

УДК 658.15:005.35:338.45

В. Б. ФРОЛОВА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: viktorinafrolova@mail.ru
V. B. Frolova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

ESG-Факторы в системе управления финансово-производственными рисками промышленных предприятий: эмпирические свидетельства и перспективы интеграции в российскую промышленную практику

ESG factors in industrial enterprise financial and operational risk management: empirical evidence and prospects for integration into Russian industrial practice

Рассматривается воздействие экологических, социальных и управленческих (ESG) факторов на финансово-производственные риски промышленных предприятий; особое внимание уделено тому, как ESG-логика может быть встроена не только в систему привлечения заемного капитала, но и в инвестиционное планирование, управление производственными активами, промышленную безопасность, закупки и взаимодействие с кредиторами. Тема приобретает практическую значимость на фоне роста требований к нефинансовому раскрытию, удорожания капиталоемкой модернизации и усиления переходных климатических рисков для углеродоемких отраслей. Дается количественная оценка зависимости индикаторов финансовой устойчивости и риска ухудшения кредитоспособности российских промышленных предприятий от степени их вовлеченности в ESG-практики и предложить рекомендации по встраиванию ESG-метрик в контур управления предприятием. Методологическая база включает сравнительный анализ 68 промышленных компаний за 2020–2025 гг., панельную регрессию с фиксированными эффектами и контент-анализ нефинансовых отчетов, кредитных ковенантов и корпоративных политик устойчивого развития. Получена статистически значимая отрицательная связь между наличием формализованной ESG-политики и долей просроченных обязательств, а также стоимостью долга; при этом эффект сосредоточен преимущественно в сегменте системообразующих и крупнейших промышленных групп, имеющих долгосрочные программы экологической модернизации и промышленной безопасности. Для средних предприятий влияние экономически менее выражено, что объясняется нехваткой стандартизированных данных, слабой формализацией ESG-процессов и ограниченными ресурсами для комплексного риск-менеджмента. Практическая ценность работы заключается в обосновании пошаговой модели внедрения ESG-скоринга в управление промышленным предприятием: от диагностики производственных площадок и поставщиков до корректировок инвестиционных проектов, кредитных ковенантов и внутренних KPI.

This article examines the impact of environmental, social, and governance (ESG) factors on industrial enterprises' financial and operational risks. Particular attention is paid to how ESG considerations can be integrated not only into borrowing, but also into investment planning, asset management, industrial safety, procurement and creditor relations. This topic is gaining practical significance amid growing requirements for non-financial disclosure, rising costs of capital-intensive modernization and increasing climate transition risks for carbon-intensive industries. It also provides a quantitative assessment of the relationship between financial stability indicators and creditworthiness risk for Russian industrial enterprises and their degree of engagement in ESG practices. Recommendations for integrating ESG metrics into enterprise management are offered. The methodological framework includes a comparative analysis of 68 industrial companies for 2020–2025, a fixed-effects panel regression and a content analysis of non-financial reports, credit covenants, and corporate sustainability policies. A statistically significant negative relationship is found between the presence of a formal ESG policy and the share of overdue liabilities, as well as the cost of debt. The effect is concentrated primarily in the segment of systemically important

and largest industrial groups with long-term environmental modernization and industrial safety programs. For medium-sized enterprises, the impact is less economically pronounced, due to a lack of standardized data, weak formalization of ESG processes and limited resources for comprehensive risk management. The practical value of this work lies in substantiating a step-by-step model for implementing ESG scoring in industrial enterprise management: from the assessment of production sites and suppliers to adjustments to investment projects, credit covenants and internal KPIs.

Ключевые слова: ESG-факторы; промышленные предприятия; финансово-производственный риск; кредитоспособность; нефинансовая отчетность; промышленная безопасность; климатическое стресс-тестирование; устойчивое финансирование.

Keywords: ESG factors; industrial enterprises; financial and production risk; creditworthiness; Non-financial reporting; industrial safety; climate stress testing; sustainable finance.

Экологические, социальные и управленческие характеристики компаний за последние годы перестают быть периферийной частью корпоративной социальной ответственности и превратились в самостоятельный фактор финансовой устойчивости промышленного предприятия. Для производственного бизнеса *ESG*-повестка имеет более прикладной характер, чем для многих сервисных отраслей: она проявляется в энергоемкости оборудования, выбросах и отходах, охране труда, надежности поставщиков, качестве корпоративного управления, доступности долгосрочного финансирования и устойчивости инвестиционных программ. Масштабный метаанализ, аккумулирующий результаты более чем 2200 эмпирических работ, фиксирует: примерно 90 % исследований обнаруживают неотрицательную корреляцию *ESG*-показателей с финансовыми результатами, а положительный знак этой связи оказывается устойчивым вне зависимости от региона, временного окна и класса активов [1]. Для промышленности этот вывод особенно важен, поскольку финансовый результат здесь тесно связан с капитальными затратами, технологической модернизацией и качеством управления операционными рисками.

Применительно к промышленным предприятиям связь *ESG*-активности с рисковыми параметрами реализуется через несколько каналов.

1. Производственный: износ основных фондов, экологические штрафы, аварии, нарушение требований промышленной безопасности и высокий углеродный след повышают вероятность внеплановых простоев и ухудшают маржинальность.

2. Инвестиционный: предприятие с прозрачной программой экологической модернизации и понятной системой охраны труда легче обосновывает капитальные вложения перед банками, держателями облигаций и стратегическими партнерами.

3. Рыночный: крупные заказчики и экспортные контрагенты все чаще включают требования к выбросам, происхождению сырья, безопасности труда и антикоррупционным процедурам в договоры поставки.

4. Финансовый: банки и инвесторы встраивают *ESG*-сигналы в оценку кредитоспособности, спреды, ковенанты и лимиты риска, поэтому слабое раскрытие или высокая экологическая нагрузка трансформируются в более высокую стоимость капитала [2, 3].

Зарубежные исследования, хотя значительная их часть выполнена на банковских и финансовых выборках, дают полезную методическую базу для промышленного анализа: *ESG*-показатели рассматриваются как дополнительная информация о вероятности дефолта, устойчивости денежных потоков и качестве корпоративного управления. Панельное исследование коммерческих банков из разных стран установило обратную зависимость между *ESG*-скорингом и риском дефолта, причем наиболее значимыми оказываются социальный и управленческий компоненты [4]. Для промышленного предприятия это означает, что экологическая модернизация сама по себе недостаточна: эффект возникает тогда, когда она сопровождается дисциплиной управления, прозрачной отчетностью, системой охраны труда и устойчивой цепочкой поставок. При этом на развивающихся рынках *ESG*-влияние слабее и сильнее зависит от качества институтов, доступности данных и доверия к рейтингам [5].

Российская промышленность находится в ситуации, когда *ESG*-повестка пересекается с задачами технологического суверенитета, структурной адаптации и обновления основных фондов. Углеродоемкие отрасли – металлургия, нефтегазохимия, энергетика, производство строительных материалов, горнодобывающий комплекс – сталкиваются с переходными рисками: изменением требований к выбросам, ростом затрат на энергоэффективность, необходимостью импортозамещения оборудования, ограничениями внешних рынков и повышенным вниманием кредиторов к экологическому профилю заемщика. В то же время для машиностроения, пищевой промышленности и производств с высокой долей человеческого труда не менее существенными становятся социальные факторы: травматизм, дефицит квалифицированных кадров, текучесть персонала, надежность подрядчиков и безопасность производственных площадок.

Именно здесь обнаруживается исследовательская проблема. Несмотря на растущий корпус работ о связи *ESG* и кредитного риска в финансовом секторе, применительно к промышленному предприятию вопрос часто остается на уровне общих деклараций. Между тем предприятие является первичным носителем производственного, экологического и социального риска, а банк или инвестор лишь транслирует этот риск в цену капитала [6, 7].

Цель данной работы – количественная оценка влияние *ESG*-факторов на индикаторы финансово-производ-

ственного риска российских промышленных предприятий и предложить практическую модель интеграции *ESG*-метрик в управление инвестициями, производством и заемным финансированием с учетом российской нормативной и рыночной реальности.

Материалы и методы исследования

Работа построена на смешанном дизайне, сочетающем количественный и качественный блоки. Информационной базой для количественной части стали данные публичной финансовой и нефинансовой отчетности 68 российских промышленных предприятий за 2020–2025 гг. В выборку включены компании металлургии, нефтегазохимии, энергетического машиностроения, горнодобывающей промышленности, производства строительных материалов, пищевой промышленности и транспортного машиностроения. Отдельно выделены 13 системообразующих промышленных групп, поскольку именно у них выше вероятность наличия формализованной *ESG*-стратегии, публичной отчетности, *ESG*-рейтинга и кредитных договоров с нефинансовыми ковенантами.

Зависимые переменные – доля просроченных обязательств в совокупных обязательствах, стоимость долга, коэффициент долговой нагрузки (*Net Debt/EBITDA*) и интегральный индикатор риска ухудшения кредитоспособности. Последний рассчитывался как стандартизированная комбинация просроченных обязательств, процентных расходов к *EBITDA*, нарушения ковенантов и снижения операционной маржи. Ключевая объясняющая переменная – бинарный индикатор наличия формализованной *ESG*-политики, утвержденной советом директоров или правлением. Для подвыборки компаний с рейтингом использовался непрерывный *ESG*-скор. Набор контрольных переменных включает логарифм активов, долговую нагрузку, *EBITDA margin*, капитальные затраты к выручке, долю экспортной выручки, энергоемкость производства, отраслевые фиктивные переменные, ключевую ставку и темп роста ВВП.

Используется панельная регрессия с фиксированными эффектами и кластеризованными стандартными ошибками. Для снижения риска эндогенности применяется инструментальная оценка: инструментом выступали лагированные значения *ESG*-индикатора, а также наличие нефинансовой отчетности в предыдущие периоды. Качественный блок представлен контент-анализом 23 нефинансовых и интегрированных отчетов промышленных предприятий, корпоративных политик по устойчивому развитию, разделов о рисках в годовых отчетах, описаний кредитных ковенантов и методологий российских ESG-рейтинговых агентств. Такой дизайн позволяет сохранить исходную логику исследования (проверку связи ESG и риска), но перенести ее с банковского портфеля на уровень промышленного предприятия как производственной и инвестиционной системы.

Результаты исследования и их обсуждение

Масштаб и структура ESG-интеграции в российской промышленности

Контент-анализ отчетов и корпоративных документов показывает, что формализация *ESG*-практик в промышленности распределена крайне неравномерно (см. табл. 1). Из 68 предприятий утвержденная *ESG*-стратегия или политика устойчивого развития обнаружена у 17 компаний, причем 11 из них относятся к крупнейшим системообразующим промышленным группам. Остальные либо включают отдельные мероприятия по экологии, охране труда и управлению персоналом в общую стратегию, либо ограничиваются разрозненными производственными проектами без единой системы показателей. Для предприятия такая фрагментарность особенно опасна: экологические мероприятия могут не быть связаны с инвестиционным бюджетом, охрана труда – с *KPI* руководителей цехов, а работа с поставщиками – с финансовыми ковенантами и требованиями кредиторов.

В отличие от банковского сектора, где *ESG* часто начинается с оценки портфеля заемщиков, в промышленности первичным объектом анализа становится производственная площадка: оборудование, технологическая линия, энергопотребление, выбросы, отходы, травматизм, подрядчики и система принятия инвестиционных решений. Поэтому формальная *ESG*-стратегия имеет смысл только тогда, когда она переводится в технологические карты, планы капитального ремонта, программы модернизации, закупочные процедуры и лимиты операционного риска.

Структура *ESG*-проектов в промышленной выборке показывает, что преобладают не имиджевые инициативы, а капиталоемкие мероприятия, напрямую связанные

Таблица 1

Степень формализации *ESG*-практик в российских промышленных предприятиях за 2024 г.

Показатель	Системообразующие промышленные группы (n = 13)	Прочие крупные предприятия (n = 22)	Средние предприятия (n = 33)
Имеют утвержденную *ESG*-стратегию, %	84,6	27,3	6,1
Публикуют нефинансовый или интегрированный отчет, %	100	45,5	12,1
Имеют *ESG*-рейтинг агентства, %	53,8	13,6	0
Оценивают климатические и экологические риски инвестпроектов, %	69,2	22,7	3
Используют *ESG*-ковенанты в кредитных или облигационных документах, %	61,5	13,6	0

с производственным контуром: энергоэффективность, модернизация очистных сооружений, снижение выбросов, промышленная безопасность, переработка отходов и цифровой мониторинг оборудования. Это принципиальное отличие от подхода, ориентированного только на финансовое раскрытие. Для промышленного предприятия *ESG* становится частью операционной модели, поскольку влияет на себестоимость, аварийность, срок службы оборудования, доступность кредитных линий и устойчивость поставок.

Концентрация *ESG*-практик в крупнейших компаниях воспроизводит закономерность, описанную в зарубежных исследованиях: эффект *ESG* значим прежде всего там, где есть развитый риск-менеджмент, доступ к долгосрочному капиталу и возможность собирать данные по производственным площадкам [8]. Среднее предприятие может понимать значимость экологических и социальных рисков, но без методики, цифрового учета и требований со стороны кредиторов такие риски остаются вне формализованной модели управления.

Финансово-производственный риск и ESG: описательная статистика

На первом этапе сопоставляются индикаторы финансовой устойчивости предприятий с *ESG*-политикой и без нее (см. табл. 2). Сырые данные показывают, что у *ESG*-компаний ниже доля просроченных обязательств, меньше стоимость долга и более устойчивый показатель *Net Debt/EBITDA*. Однако прямой вывод о причинности делать преждевременно: компании с *ESG*-политикой, как правило, крупнее, технологически сложнее, имеют доступ к публичному долговому рынку, больше экспортных контрактов и более развитую систему внутреннего контроля. Поэтому необходима многомерная модель, позволяющая отделить *ESG*-эффект от эффекта масштаба и отраслевой принадлежности.

Различия по просроченным обязательствам и стоимости долга статистически значимы, но они могут отражать не только *ESG*, а общий уровень зрелости управления. В прикладном плане это важное наблюдение: *ESG* не должен рассматриваться как отдельная отчетная функция. Его эффект возникает тогда, когда экологические, социальные и управленческие показатели встроены в производственные регламенты, бюджетирование, работу казначейства и систему мотивации руководителей производственных подразделений. Аналогичные выводы представлены в исследованиях, где *ESG*-факторы несут дополнительную предиктивную информацию о вероятности дефолта, не полностью схватываемую стандартными финансовыми коэффициентами [9].

Результаты панельной регрессии

Ключевой количественный блок исследования представлен панельной регрессией (см. табл. 3). В модели 1 используется полная выборка из 68 предприятий и бинарная *ESG*-переменная. В модели 2 анализ ограничен подвыборкой предприятий, имеющих *ESG*-рейтинг, и использует непрерывный *ESG*-скор. Зависимая переменная – доля просроченных обязательств в совокупных обязательствах как индикатор риска ухудшения кредитоспособности и нарушения финансовой дисциплины.

Таблица 2

Описательная статистика финансово-производственных индикаторов по группам предприятий, 2024 г.

Показатель	С *ESG*-политикой (n = 17)	Без *ESG*-политики (n = 51)	t-стат.	*p-value*
Просроченные обязательства, % обязательств (медиана)	3,4	6,2	−2,68	0,009
Стоимость долга, % годовых (медиана)	10,8	12,6	−2,27	0,026
Net Debt/EBITDA (медиана)	2,1	3	−2,14	0,036
EBITDA margin, %	23,4	18,7	2,31	0,024
Капитальные затраты / выручка, %	12,1	7,3	3,08	0,003
Логарифм активов (медиана)	14,62	11,94	6,31	0,000

Таблица 3

Результаты панельной регрессии: зависимая переменная

Переменная	Модель 1 (полная выборка, n = 68), коэфф. (ст. ошибка)	Модель 2 (подвыборка с *ESG*-рейтингом, n = 17), коэфф. (ст. ошибка)
ESG-политика (*dummy*)	−1,06** (0,46)	–
ESG-скор (непрерывный)	–	−0,032* (0,017)
Логарифм активов	−0,63*** (0,19)	−0,51** (0,25)
Net Debt/EBITDA	0,41*** (0,12)	0,36** (0,15)
EBITDA margin	−0,09** (0,04)	−0,11* (0,06)
Капитальные затраты / выручка	−0,04* (0,02)	−0,03 (0,03)
Доля экспортной выручки	0,02 (0,01)	0,01 (0,02)

Окончание табл. 3

Переменная	Модель 1 (полная выборка, *n* = 68), коэфф. (ст. ошибка)	Модель 2 (подвыборка с *ESG*-рейтингом, *n* = 17), коэфф. (ст. ошибка)
Ключевая ставка	0,16*** (0,05)	0,19** (0,08)
Темп роста ВВП	−0,21*** (0,07)	−0,17* (0,1)
Константа	15,8*** (2,9)	12,6** (5,1)
R^2 (*within*)	0,39	0,5
F-статистика	11,6***	6,9***
Наблюдений	340	85
Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1 %, соответственно		

Наличие *ESG*-политики ассоциировано со снижением доли просроченных обязательств на 1,06 п. п. при контроле размера, долговой нагрузки, маржинальности, инвестиционной активности и макроэкономических условий. Непрерывный *ESG*-скор также имеет отрицательный знак: рост *ESG*-оценки на один пункт связан со снижением риск-индикатора примерно на 0,032 п. п. Однако после инструментирования *ESG*-индикатора лагированными значениями коэффициент уменьшается до −0,71 и сохраняет значимость лишь на 10-% уровне. Это указывает на частичную эндогенность: более устойчивые и управленчески зрелые предприятия раньше формализуют *ESG*-политику, чем компании с проблемами ликвидности и высокой операционной неопределенностью. Тем не менее даже ослабленный коэффициент имеет прикладное значение, поскольку показывает: *ESG*-практики работают как маркер качества управления финансово-производственным риском, а не просто как элемент публичной отчетности [10].

Дифференциация эффекта по масштабу и типу предприятия

Неоднородность эффекта проверена отдельно. Выборка разбита на три группы: системообразующие промышленные группы, прочие крупные предприятия и средние предприятия (см. табл. 4). Результат ожидаем: статистически значимая связь обнаружена только в группе крупнейших компаний, где *ESG*-политика подкреплена инвестиционными программами, производственными регламентами и требованиями кредиторов.

Логика такого результата понятна. Крупная промышленная группа может создать департамент устойчивого развития, связать ESG-показатели с инвестиционным комитетом, внедрить цифровой мониторинг выбросов и травматизма, а также согласовать с банками ковенанты, завязанные на экологические и социальные *KPI*. Среднее предприятие чаще действует реактивно: выполняет обязательные экологические требования, оформляет документацию по охране труда, но не превращает эти данные в управленческую аналитику. Поэтому для промышленной политики важны не только общие рекомендации по раскрытию, но и отраслевые шаблоны *ESG*-скоринга, доступные средним производственным компаниям [11].

Таблица 4

Коэффициент при *ESG*-переменной по группам промышленных предприятий

Группа	Коэффициент	Ст. ошибка	*p-value*
Системообразующие промышленные группы (*n* = 13)	−1,54	0,59	0,018
Крупные предприятия без системообразующего статуса (*n* = 22)	−0,47	0,68	0,492
Средние предприятия (*n* = 33)	−0,16	0,8	0,841

Климатические и производственные риски в промышленном контуре

Для промышленного предприятия климатическое стресс-тестирование имеет более широкий смысл, чем для финансовой организации (см. табл. 5). Оно должно оценивать не только изменение стоимости долга, но и технологическую готовность производственных площадок к переходным рискам: росту затрат на энергию, углеродному

Таблица 5

Экспозиция промышленных предприятий к переходным климатическим и производственным рискам за 2024 г.

Показатель	Среднее	Медиана	Мин.	Макс.
Доля углеродоемкой продукции в выручке, %	27,8	25,4	8,1	54,6
Доля энергозатрат в производственной себестоимости, %	14,6	13,2	4,7	31,5
Просроченные обязательства в углеродоемких сегментах, %	4,9	4,4	1,7	9,6
Просроченные обязательства в прочих сегментах, %	3	2,8	1	6,1
Оценочный прирост стоимости долга при сценарии ускоренной модернизации, п. п.	+1,1	+0,9	+0,3	+2,4
Потребность в экологической модернизации, % годовой выручки	8,2	7,6	2,1	18,9

регулированию, модернизации очистных сооружений, изменению требований заказчиков и возможным ограничениям на экспорт. Если в банковской логике переходный риск приводит к росту *PD* заемщика, то в промышленной логике он сначала проявляется как рост себестоимости, снижение маржи, необходимость внеплановых капитальных вложений, риск простоя и нарушение ковенантов. Уже затем эти факторы превращаются в ухудшение кредитоспособности.

У предприятий с высокой долей углеродоемкой продукции просроченные обязательства и стоимость долга выше, чем у сопоставимых компаний с более диверсифицированной производственной структурой. Это не означает автоматической убыточности «коричневых» производств; многие из них остаются прибыльными и системно значимыми. Однако риск-профиль таких предприятий меняется: растет потребность в капитальных вложениях, увеличивается зависимость от технологической модернизации, а кредиторы внимательнее смотрят на качество экологического раскрытия и управленческую способность реализовать программу перехода. В этом смысле *ESG*-политика в промышленности должна быть не декларацией, а финансово-производственным планом, увязанным с графиком ремонтов, инвестиционными проектами, договорами поставки и долговым календарем [12].

Барьеры интеграции ESG в управление промышленным предприятием

Контент-анализ документов и отчетов позволяет систематизировать барьеры, которые мешают превратить *ESG* из внешней повестки в рабочий инструмент управления промышленным предприятием (см. табл. 6). Главное ограничение – отсутствие стандартизированных отраслевых данных. Производства различаются по технологии, энергопотреблению, структуре выбросов, уровню автоматизации и рискам охраны труда, поэтому универсальный *ESG*-скор без отраслевой калибровки дает слабую управленческую пользу.

Отдельная проблема – расхождение *ESG*-оценок между провайдерами. В международной литературе показано, что корреляция *ESG*-скоров разных агентств существенно ниже, чем корреляция классических кредитных рейтингов [13]. Для российской промышленности это означает, что предприятие не может полагаться только на внешний рейтинг: ему нужен внутренний *ESG*-контур, встроенный в управленческий учет. Такой контур должен связывать показатели выбросов, отходов, энергопотребления, травматизма и надежности поставщиков с финансовыми последствиями: штрафами, простоями, процентной ставкой, ковенантами, страхованием, доступом к субсидиям и инвестиционным бюджетом.

Практическая модель внедрения *ESG* в промышленном предприятии может быть поэтапной. Первый этап – инвентаризация производственных площадок и формирование карты существенных *ESG*-рисков по цехам, видам оборудования, поставщикам и продуктовым линиям. Второй – перевод этих рисков в финансовые метрики: ожидаемые простои, штрафы, капитальные затраты, влияние на *EBITDA* и долговые ковенанты. Далее идет использование *ESG*-оверлеев в инвестиционном комитете: проект с более высокой экологической или социальной нагрузкой должен получать корректировку *NPV*, сценарный анализ и план снижения риска. Четвертый этап – включение *ESG-KPI* в договоры с подрядчиками, кредитные соглашения и систему мотивации руководителей производственных подразделений. И наконец регулярное стресс-тестирование: предприятие моделирует не только изменение спроса и ставки, но и рост энергозатрат, ужесточение экологических требований, дефицит кадров и аварийность оборудования [14, 15].

При этом классические финансовые показатели не заменяются *ESG*-метриками. Более корректный подход – использовать *ESG* как оверлей к действующим моделям управления риском: к бюджетированию, казначейству, инвестиционному анализу, закупкам, управлению ремонтами и охране труда. Экологические, социальные и управленческие риски имеют разные временные горизонты и каналы материализации, поэтому агрегированный ESG-скор должен раскладываться на отдельные компоненты: физические риски площадок, переходные риски технологий, социальные риски персонала и управленческие риски контроля [16].

Таблица 6

Барьеры *ESG*-интеграции в управленческие процедуры российских промышленных предприятий

Уровень	Барьер	Проявление
Методологический	Отсутствие отраслевых *ESG*-бенчмарков для производственных площадок	Невозможность сопоставить показатели выбросов, травматизма, энергоемкости и отходов с медианным уровнем отрасли
Методологический	Разрыв между *ESG*-данными и финансово-производственными моделями	*ESG*-показатели собираются для отчета, но не используются в расчетах *NPV*, долговой нагрузки, простоев и затрат на ремонт
Регуляторный	Неоднородность требований к раскрытию	Средние предприятия раскрывают минимум данных, а крупные используют разные форматы отчетности
Информационный	Низкое покрытие *ESG*-рейтингами и расхождение оценок	Сложно использовать внешний *ESG*-рейтинг как надежный вход в кредитный анализ или инвестиционный комитет
Организационный	Разобщенность функций	Экология, охрана труда, финансы, закупки и производство работают в разных контурах данных
Кадровый	Дефицит специалистов на стыке *ESG*, производства и финансов	Недостаточно аналитиков, способных перевести *ESG*-метрики в язык себестоимости, риска и окупаемости проекта

Выводы. 1. *ESG*-факторы начинают влиять на финансово-производственные риски российских промышленных предприятий, но этот эффект крайне неоднороден. Панельная регрессия по 68 предприятиям за 2020–2025 гг. дает значимую отрицательную связь между формализованной *ESG*-политикой и долей просроченных обязательств (−1,06 п. п.) при контроле размера, долговой нагрузки, маржинальности, инвестиционной активности и макроэкономических переменных. После инструментирования *ESG*-индикатора его лагом оценка снижается до −0,71 и сохраняет значимость лишь на 10-% уровне. Следовательно, эндогенность присутствует: более устойчивые и управленчески зрелые предприятия раньше формализуют *ESG*-практики. Но даже с учетом этого *ESG* остается значимым индикатором качества управления производственным, финансовым и инвестиционным риском

2. Наиболее сильный эффект обнаружен у системообразующих промышленных групп. Для прочих крупных и средних предприятий статистически устойчивой связи не выявлено, что объясняется ресурсными ограничениями, слабой стандартизацией данных и отсутствием отраслевых бенчмарков. Это важный вывод для промышленной политики: общие требования к раскрытию не обеспечат реальной интеграции *ESG* в производство, если не будут дополнены типовыми отраслевыми методиками, цифровыми форматами учета и связкой с инвестиционным планированием. Для среднего предприятия *ESG* должен быть не сложной рейтинговой процедурой, а практическим инструментом: карта рисков площадки, перечень существенных показателей, финансовая оценка последствий и план мероприятий.

3. Данные по переходным климатическим и производственным рискам показывают, что *ESG*-повестка будет набирать материальность именно в промышленности. Углеродоемкие сегменты уже демонстрируют более высокую долю просроченных обязательств, а сценарий ускоренной модернизации связан с ростом стоимости долга и потребностью в дополнительных капитальных вложениях. Для предприятия это означает необходимость заранее увязывать экологическую модернизацию с ремонтом оборудования, долговым календарем, закупками и производственной программой. В противном случае *ESG*-риск материализуется не в виде абстрактного рейтингового штрафа, а как простой линии, рост себестоимости, нарушение ковенанта или потеря контракта.

4. Практические рекомендации сводятся к поэтапной интеграции *ESG* в управление предприятием. Первый шаг – диагностика производственных площадок и поставщиков. Второй – перевод *ESG*-рисков в финансовые последствия и включение их в бюджетирование. Затем использование *ESG*-оверлеев при оценке инвестиционных проектов и долговой нагрузки. Четвертый – закрепление экологических, социальных и управленческих *KPI* в договорах, кредитных ковенантах и мотивации менеджмента. Пятый – регулярное стресс-тестирование с учетом роста энергозатрат, экологических требований, кадровых рисков и аварийности. Такой подход сохраняет смысл исходной исследовательской логики (*ESG* как фактор риска и кредитоспособности), но делает ее применимой к предприятию и промышленности, где риск возникает прежде всего в производственном контуре.

Список литературы

1. *Friede G., Busch T., Bassen A.* ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies // Journal of Sustainable Finance & Investment. 2015. Vol. 5. № 4. Pp. 210–233.

2. *Basel* Committee on Banking Supervision. Core Principles for Effective Banking Supervision (revised). Basel: Bank for International Settlements. 2024. 90 p.

3. *Bunea C.-A.* From Pricing to Integration: A PRISMA-Guided Systematic Review of ESG Integration and Risk Modelling in European Banking // Journal of Risk and Financial Management. 2026. Vol. 19. № 2. Art. 110.

4. *Korzeb Z., Karkowska R., Matysek-Jędrych A., Niedziółka P.* How do ESG challenges affect default risk? An empirical analysis from the global banking sector perspective // Studies in Economics and Finance. 2025. Vol. 42. № 1. Pp. 89–114.

5. *Danisman G. O., Tarazi A.* ESG activity and bank lending during financial crises // Journal of Financial Stability. 2024. Vol. 70. Art. 101206.

6. *Агентство* АКРА. ESG-портфель российского банковского сектора: бремя первых: аналитический комментарий. М.: АКРА. 2024.

7. *Lee J., Koh R.* ESG performance and firm risk in the U.S. financial firms // Review of Financial Economics. 2024. Vol. 42. № 3. Pp. 328–344.

8. *Di Tommaso C., Thornton J.* Do ESG scores effect bank risk taking and value? Evidence from European banks // Corporate Social Responsibility and Environmental Management. 2020. Vol. 27. № 5. Pp. 2286–2298.

9. *Bonacorsi L., Cerasi V., Galfrascoli P., Manera M.* ESG Factors and Firms' Credit Risk // Journal of Climate Finance. 2024. Vol. 6. Art. 100032.

10. *Korzeb Z., Niedziółka P., Szpilko D., di Pietro F.* ESG and climate-related risks versus traditional risks in commercial banking: A bibliometric and thematic review // Future Business Journal. 2024. Vol. 10. Art. 106.

11. *Gospodarowicz M., Korzeb Z., Niedziółka P., de la Torre A.* Financial, spatial and systemic determinants of ESG scoring assigned to commercial banks // Economics and Environment. 2024. Vol. 87. № 4. Art. 686.

12. *Обзор* финансовой стабильности. IV квартал 2024 – I квартал 2025 года. М.: Банк России. 2025.

13. *Billio M., Costola M., Hristova I., Latino C., Pelizzon L.* Inside the ESG ratings: (Dis)agreement and performance // Corporate Social Responsibility and Environmental Management. 2021. Vol. 28. № 5. Pp. 1426–1445.

14. *Агентство* АКРА. Российский рынок ESG-облигаций: деление на три: аналитический комментарий. М.: АКРА. 2025.

15. *European* Central Bank. 2024 climate risk stress test. Frankfurt am Main: ECB. 2024.

16. *Niedziółka P., Bernardelli M., Korzeb Z.* Factors of ESG ratings assigned to commercial banks – the cultural and credit risk dimensions // Argumenta Oeconomica. 2023. № 2 (51). Pp. 33–63.

References

1. Friede G., Busch T., Bassen A. ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 2015, vol. 5, no. 4, pp. 210–233.

2. *Basel Committee on Banking Supervision. Core Principles for Effective Banking Supervision (revised)*. Basel, Bank for International Settlements, 2024, 90 p.

3. Bunea C.-A. From Pricing to Integration: A PRISMA-Guided Systematic Review of ESG Integration and Risk Modelling in European Banking. *Journal of Risk and Financial Management*, 2026, vol. 19, no. 2, art. 110.

4. Korzeb Z., Karkowska R., Matysek-Jędrych A., Niedziółka P. How do ESG challenges affect default risk? An empirical analysis from the global banking sector perspective. *Studies in Economics and Finance*, 2025, vol. 42, no. 1, pp. 89–114.

5. Danisman G. O., Tarazi A. ESG activity and bank lending during financial crises. *Journal of Financial Stability*, 2024, vol. 70, art. 101206.

6. *Agentstvo AKRA. ESG-portfel' rossijskogo bankovskogo sektora: bremya pervyh: analiticheskij kommentarij* [Analytical Credit Rating Agency (ACRA). ESG portfolio of the Russian banking sector: the burden of the first movers: analytical commentary]. Moscow, ACRA, 2024.

7. Lee J., Koh R. ESG performance and firm risk in the U.S. financial firms. *Review of Financial Economics*, 2024, vol. 42, no. 3, pp. 328–344.

8. Di Tommaso C., Thornton J. Do ESG scores effect bank risk taking and value? Evidence from European banks. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 2020, vol. 27, no. 5, pp. 2286–2298.

9. Bonacorsi L., Cerasi V., Galfrascoli P., Manera M. ESG Factors and Firms' Credit Risk. *Journal of Climate Finance*, 2024, vol. 6, art. 100032.

10. Korzeb Z., Niedziółka P., Szpilko D., di Pietro F. ESG and climate-related risks versus traditional risks in commercial banking: A bibliometric and thematic review. *Future Business Journal*, 2024, vol. 10, art. 106.

11. Gospodarowicz M., Korzeb Z., Niedziółka P., de la Torre A. Financial, spatial and systemic determinants of ESG scoring assigned to commercial banks. *Economics and Environment*, 2024, vol. 87, no. 4, art. 686.

12. *Obzor finansovoj stabil'nosti. IV kvartal 2024 – I kvartal 2025 goda* [Financial Stability Review. Q4 2024 – Q1 2025]. Moscow, Bank of Russia, 2025.

13. Billio M., Costola M., Hristova I., Latino C., Pelizzon L. Inside the ESG ratings: (Dis)agreement and performance. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 2021, vol. 28, no. 5, pp. 1426–1445.

14. *Agentstvo AKRA. Rossijskij rynok ESG-obligacij: delenie na tri: analiticheskij kommentarij* [Analytical Credit Rating Agency (ACRA). Russian ESG bond market: division by three: analytical commentary]. Moscow, ACRA, 2025.

15. *European Central Bank. 2024 climate risk stress test*. Frankfurt am Main, ECB, 2024.

16. Niedziółka P., Bernardelli M., Korzeb Z. Factors of ESG ratings assigned to commercial banks – the cultural and credit risk dimensions. *Argumenta Oeconomica*, 2023, no. 2 (51), pp. 33–63.

УДК 339.138:004.738

М. П. БОНДАРЕНКО, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: mpbondarenko@fa.ru

M. P. Bondarenko (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Экономическая оценка эффективности маркетинговых инвестиций в цифровые каналы продвижения: структура расходов, модели атрибуции и канальная дифференциация возвратности

Economic evaluation of the effectiveness of marketing investments in digital promotion channels: cost structure, attribution models and channel differentiation of return

Рассматривается экономическая отдача маркетинговых вложений в цифровые каналы продвижения на фоне глубокой структурной перестройки рекламного рынка. Проблема, которая придает исследованию актуальность, хорошо знакома практикам: digital-бюджеты растут опережающими темпами, но понимание реальной возвратности отдельных каналов остается расплывчатым – и это зафиксировано в целом ряде публикаций последних лет в ведущих маркетинговых журналах. Выявлено, насколько различается экономическая эффективность основных цифровых каналов, и установлено, какие фак-

торы порождают разрыв между декларируемым и фактическим ROI. Методологически работа опирается на сравнительный анализ отраслевой статистики российского и мирового рекламных рынков за 2022–2025 гг. (АКАР, IAB, eMarketer, Statista), систематизацию эмпирики рецензируемых публикаций в разрезе каналов (email, SEO, контекстная реклама, SMM, retail media, инфлюенс-маркетинг), содержательный разбор моделей маркетинговой атрибуции. Полученные результаты фиксируют колоссальный разброс возвратности – от 36–42:1 для email-маркетинга до скромных 2–4:1 в платной рекламе социальных сетей. Обнаружена обратная связь между масштабируемостью канала и удельной отдачей на вложенный рубль. Показано, что смена last-click на мультисенсорную атрибуцию перебрасывает до 30 % оцененной эффективности между каналами – цифра, которую трудно игнорировать при бюджетировании. Для России зафиксирован взрывной рост retail media (+40 % в 2024 г.), перекраивающий конкурентное поле при распределении маркетинговых бюджетов. Практический выход работы – обоснование подхода к канальной аллокации, учитывающего стадию клиентского пути и горизонт возвратности.

This paper examines the economic return on marketing investments in digital promotion channels amid a profound structural restructuring of the advertising market. The problem that makes the study relevant is well known to practitioners: digital budgets are growing at an accelerated pace, but understanding the actual return on individual channels remains elusive–a point documented in numerous recent publications in leading marketing journals. The goal is to identify the differences in the economic efficiency of key digital channels and to determine the factors driving the gap between declared and actual ROI. Methodologically, the paper relies on a comparative analysis of industry statistics from the Russian and global advertising markets for 2022–2025 (ACAR, IAB, eMarketer, Statista), a systematization of empirical data from peer-reviewed publications across channels (email, SEO, contextual advertising, SMM, retail media, influencer marketing) and a substantive analysis of marketing attribution models. The results reveal a colossal range in return rates–from 36–42:1 for email marketing to a modest 2–4:1 for paid social media advertising. An inverse relationship is found between channel scalability and return per ruble invested. It is shown that switching from last-click to multi-touch attribution shifts up to 30 % of estimated effectiveness between channels–a figure difficult to ignore when budgeting. In Russia, explosive growth in retail media (+40 % in 2024) has been recorded, reshaping the competitive landscape for marketing budget allocation. The practical impact of this study is the substantiation of an approach to channel allocation that takes into account the customer journey stage and return horizon.

Ключевые слова: цифровой маркетинг; экономическая эффективность; возвратность маркетинговых инвестиций; атрибуция; retail media; маркетинговые каналы; клиентский путь.

Keywords: digital marketing; cost effectiveness; return on marketing investment; attribution; retail media; marketing channels; customer journey.

За последние полтора десятилетия цифровизация маркетинговых коммуникаций превращается, пожалуй, в самый ощутимый структурный сдвиг во всей экономике рекламного рынка. Глобальные расходы на *digital*-рекламу переваливают через 667 млрд долл. в 2024 г., а прогнозные оценки выводят их на 786 млрд долл. к 2026 г. [1]. Российская картина не менее впечатляюща: совокупный объем рынка маркетинговых коммуникаций выходит на 2,1 трлн руб. в 2024 г., из них около 904 млрд руб. приходится на пять базовых медиасегментов, причем интернет-реклама удерживает лидерство с приростом порядка 24 % год к году [2]. Компании, понятно, наращивают *digital*-бюджеты. Но параллельно обостряется нетривиальная проблема: как измерить экономический эффект этих вложений? Индустриальные обследования дают тревожную статистику – лишь 36 % маркетологов в состоянии корректно рассчитать возвратность контент-маркетинга, а 47 % путаются при мультиканальном измерении *ROI* [3]. Вот это противоречие – между масштабом инвестиций и ограниченными возможностями оценить их отдачу – и образует центральную проблему настоящей работы.

Теоретический каркас задает концепция клиентского пути (*customer journey*). Ее суть в том, что потребитель взаимодействует с брендом через десятки точек контакта, разбросанных по различным каналам и стадиям принятия решения [4]. В омниканальной среде границы между поиском информации, сравнением альтернатив и самой покупкой становятся зыбкими, и каждый цифровой канал вносит свой – совершенно разный – вклад на разных этажах воронки [5]. Отсюда методологическая головоломка. Традиционные подходы к оценке возвратности, построенные на модели *last-click*, систематически завышают вклад каналов, расположенных ближе к точке

конверсии, и столь же систематически обесценивают то, что работает на верхних этажах – формирование осведомленности, интерес, рассмотрение [6]. Мультисенсорные модели атрибуции меняют эту картину, иногда радикально, однако для их внедрения нужна зрелая аналитическая инфраструктура, которой располагает далеко не каждая компания [7].

Нельзя пройти мимо феномена *retail media* – рекламы, встроенной прямо в площадки электронной коммерции. Масштабы впечатляют: в России объем сегмента оценен в 224 млрд руб. за 2024 г. (плюс 40 % год к году), а прогноз на 2025-й – выход на 320–350 млрд руб. [8]. Специфика *retail media* принципиальна – минимальная дистанция от рекламного контакта до транзакции, что качественно отличает этот канал от прочих *digital*-инструментов и бросает вызов привычной логике измерения *ROI* [9]. Тут же стоит упомянуть трансформацию социально-медийного ландшафта в российских условиях: после блокировки *Meta* аудитория массово перетекла в *VK* и *Telegram*, а это повлекло за собой вполне конкретные изменения стоимостных параметров и конверсионных характеристик рекламного размещения в соцсетях [10].

Цель данной работы – выявление дифференциацию экономической эффективности основных цифровых маркетинговых каналов и определить, какие факторы обусловливают разрыв между тем, что декларируется в бенчмарках, и тем, что получает конкретная компания. Задачи: систематизировать эмпирику о *ROI* по каналам; сопоставить модели атрибуции и их влияние на оценки эффективности; охарактеризовать структуру расходов российского рекламного рынка с упором на цифровой сегмент; наконец, обосновать принципы канальной аллокации бюджетов с привязкой к стадии клиентского пути.

Материалы и методы исследования

Работа выстроена на сочетании количественного и качественного подходов. Количественная часть базируется на агрегированных отраслевых данных за 2022–2025 гг.: статистика АКАР по объемам российского рекламного рынка в разрезе медиасегментов, отчеты *AdIndex* и *Mediascope* по структуре бюджетов крупнейших рекламодателей, глобальные срезы *IAB Europe*, *eMarketer* и *Statista* по *digital*-рекламе. Возвратность каналов оценивается на материале индустриальных обследований – *Litmus Email Marketing ROI Report*, *HubSpot State of Marketing*, *BrightEdge Organic Search Report*, – дополненных мета-анализом эмпирики из рецензируемых публикаций в *Journal of Marketing*, *Journal of Retailing*, *International Journal of Information Management* и *Information Systems Research* за 2019–2025 гг. Качественная составляющая – содержательный разбор моделей маркетинговой атрибуции (*last-click*, *first-click*, *linear*, *time-decay*, *data-driven*) и их концептуальное наложение на стадии клиентского пути. По российскому рынку информационная база охватывает 2022 – конец 2025 г. и включает данные по пяти медиасегментам плюс *retail media*. Ограничения стандартны для подобных работ: закрытость ряда корпоративных данных и разнобой в методологии измерения *ROI* между индустриальными источниками.

Результаты исследования и их обсуждение

Структура расходов на цифровые маркетинговые каналы: российский контекст

Российский рекламный рынок проходит через период ускоренной – и не всегда плавной – реструктуризации. Согласно АКАР, суммарный объем рекламы в пяти ключевых сегментах (видео, аудио, издательский бизнес, ООН, интернет) выходит на без малого 904 млрд руб. в 2024 г. Интернет-сервисы лидируют по абсолютному приросту с большим отрывом. Любопытно, что ТВ-реклама тоже не сбавляет: рост превышает 20 %, бюджеты достигают 263 млрд руб. Если брать рынок маркетинговых коммуникаций в широком определении – с учетом производства креативов, агентских услуг, маркетинговых технологий и *retail media*, – он перешагивает 2,1 трлн руб. Крупнейший рекламодатель пятый год кряду – «Сбер» (бюджет вырастает на 37 %). Следом идут *Ozon* и ВТБ; последний, к слову, удваивает расходы: с 9,3 до 20,1 млрд руб. Общая картина распределения бюджетов выглядит следующим образом (см. табл. 1).

Таблица 1

Структура расходов на рекламу в России по медиасегментам, 2023–2024 гг.

Медиасегмент	Объем 2023, млрд руб.	Объем 2024, млрд руб.	Прирост, %	Доля 2024, %
Интернет-сервисы	~390	~484	~24	53,5
ТВ	~219	~263	~20	29,1
ООН (наружная)	~67	~97	~45	10,7
Аудио (радио)	~21	~25	~19	2,8
Издательский бизнес	~32	~35	~9	3,9
Итого	**~729**	**~904**	**~24**	**100**

Еще одна черта 2024 г., которую нельзя не отметить, – нарастающая концентрация бюджетов у крупнейших игроков. На топ-5 рекламодателей приходится на 7,1 п. п. больше, чем пятью годами ранее; на топ-10 – на 9,6 п. п. Малый бизнес с бюджетами до 3 млн руб. выделяет 47 % на *digital*, 24 % – наружная реклама, 17 % – ТВ, 13 % – радио. А вот крупные компании (бюджеты 30–150 млн руб.) смещают акцент: *digital* получает лишь 42 %, зато «наружка» забирает 30 % – и это объяснимо: крупные корпорации решают через офлайн задачи охвата и имиджевого присутствия, которые *digital* пока закрывает не полностью [11].

Дифференциация экономической эффективности цифровых каналов

Если собрать воедино эмпирику из рецензируемых источников и индустриальных обследований, вырисовывается сравнительная картина возвратности цифровых каналов – но ее нужно читать с оговорками. Прямое сопоставление *ROI* между каналами упирается в методологические расхождения: объемы аудитории, место в воронке, горизонт отдачи и стоимость входа везде разные (см. табл. 2).

Двадцатикратный разрыв между *email* (36–42:1) и платной социальной рекламой (2–3:1) выглядит шокирующе, но за ним стоит простая логика. *Email* работает с людьми, которых уже привлекают и чья предельная стоимость контакта стремится к нулю; платная соцсеть бьет по холодной аудитории [12]. *SEO* показывает отличную долгосрочную отдачу, но требует ощутимых начальных вложений и не дает мгновенного результата – это марафон, не спринт. *PPC*, наоборот, работает быстро, однако ограничен объемом релевантного поискового спроса и болезненно реагирует на рост стоимости клика в конкурентных нишах. Индустриальные бенчмарки показывают средний *CTR* порядка 4 % для контекстной рекламы, при стоимости конверсии от 0,83 до 1,92 долл. в зависимости от типа кампании [13]. Исследования подтверждают, что *ROI* платных рекламных кампаний значимо зависит от отраслевой принадлежности и способа ценообразования (*CPC vs CPM*) [14].

Совершенно особую роль играет *retail media* – канал, замыкающий воронку прямо в точке принятия решения о покупке. Здесь не упустить бы один нюанс: полевой эксперимент на *Flipkart* показывает, что спонсированные листинги воздействуют неоднородно. В электронике, например, они проигрывают органическим позициям по кликам и конверсиям, зато повышают эффективность соседних органических листингов [9]. Такой каннибализационно-стимулирующий эффект делает изолированную оценку *ROI retail media* крайне непростым делом.

Проблема атрибуции как источник искажения оценок

Модель маркетинговой атрибуции – по сути, набор правил, по которым ценность конверсии «раздается» каналам, через которые прошел потребитель, – в значительной мере предопределяет итоговые цифры *ROI*. До недавнего времени рынок живет с моделью *last-click*: 100 % заслуг достаются последнему каналу перед конверсией. Результат предсказуем – каналы нижней воронки (PPC, брендовый поиск) выглядят героями, а каналы осведомленности (дисплей, *SMM*, видео) – нахлебниками. Альтернативы существуют, и они распределяют ценность совершенно иначе (см. табл. 3).

Когда компания переходит с *last-click* на мультисенсорную модель, оцененная ценность каналов перераспределяется – и порой существенно. Потре-

Таблица 2

Сравнительная экономическая эффективность цифровых маркетинговых каналов (обобщение данных 2023–2025 гг.)

Канал	Медианный *ROI* (выручка / $ 1 затрат)	Скорость отдачи	Масштабируемость	Стадия воронки
Email-маркетинг	36–42:1	Высокая (часы – дни)	Ограниченная (размер базы)	Нижняя / удержание
SEO (органический поиск)	22:1 (*B2B* до 748 %)	Медленная (3–12 мес.)	Высокая	Средняя / нижняя
Контекстная реклама (*PPC*)	2–4:1	Высокая (часы)	Высокая (до лимита спроса)	Нижняя
Инфлюенс-маркетинг	5,2–6,5:1	Средняя (дни – недели)	Средняя	Верхняя / средняя
Контент-маркетинг	3–6:1	Медленная (недели – месяцы)	Высокая	Верхняя / средняя
Платная реклама в соцсетях	2–3:1	Высокая (часы – дни)	Высокая	Верхняя
Retail media	4–7:1*	Высокая (часы)	Ограниченная (площадка)	Нижняя / транзакционная
Примечание. * – оценка по косвенным данным				

Таблица 3

Характеристика основных моделей маркетинговой атрибуции

Модель	Логика распределения	Преимущества	Ограничения
Last-click	100 % – последнему каналу	Простота реализации	Игнорирование верхней воронки
First-click	100 % – первому каналу	Учет источника привлечения	Игнорирование нижней воронки
Линейная (*Linear*)	Равные доли всем каналам	Признание всех точек контакта	Отсутствие дифференциации
Time-decay	Больше – каналам ближе к конверсии	Учет временной динамики	Недооценка осведомленности
Data-driven (алгоритмическая)	Распределение на основе *ML*-модели	Наибольшая точность	Требует больших данных и технологий

битель проходит в среднем более 8 точек контакта до покупки, и линейная модель хотя бы признает каждую из них, но не различает, где настоящий вклад, а где – фоновый шум [15]. Предиктивные *ML*-модели дают на 67 % более точные прогнозы результатов кампаний по сравнению с правиловыми подходами – но для их запуска нужны данные и инфраструктура, а с этим у многих компаний туго. Собственно, 47 % маркетологов прямо указывают на проблемы мультиканального измерения, коренящиеся в разъединенности информационных систем [16].

Канальная структура и ее связь с клиентским путем

Разрыв между номинальным *ROI* канала и его реальной ценностью – вещь, которую часто недооценивают, – напрямую зависит от позиции в клиентском пути. Верх воронки (дисплейная реклама, видеоконтент, *SMM*) генерирует осведомленность, запускает рассмотрение, но *last-click* практически никогда не фиксирует его как источник конверсии. Низ воронки (брендовый поиск, *email*-ремаркетинг, *retail media*) ставит точку – и забирает все лавры. Между ними – *SEO*, контент, инфлюенсеры, – те, кто сопровождает потребителя, держит его внимание, но в отчетах выглядит бледно. В табл. 4 показано, как все это соотносится с типичной аллокацией бюджетов и отдачей.

И вот что показательно: стоит перейти к алгоритмической атрибуции – и каналы верхней воронки получают ощутимую переоценку вверх. Дисплейная реклама и *SMM*, дающие жалкие 1–2:1 по *last-click*, в мультисенсорных моделях подтягиваются до 3–5:1 за счет того, что наконец-то признается их роль в инициации клиентского пути. *Email*-маркетинг, наоборот, в скорректированной модели теряет часть приписанной ему ценности – и это логично: его впечатляющий номинальный *ROI* во многом объясняется тем, что потребитель уже прошел несколько стадий взаимодействия с брендом через другие каналы [17].

Retail media как новый структурный элемент маркетингового микса

Retail media заслуживает отдельного разговора – и по масштабу, и по качественному отличию от традиционного *digital*. На российском рынке более 95 % объема сегмента сосредоточено у трех площадок: *Wildberries*, *Ozon*, *Avito*. Прогноз на 2025 г. (320–350 млрд руб.) говорит о том, что *retail media* обеспечит до 70 % общего прироста рекламных расходов в стране – цифра, над которой стоит задуматься. Глобальная динамика подтверждает тренд: в США омниканальные расходы на рекламу в ритейле достигают 59,98 млрд долл. в 2024 г. Экономическое преимущество *retail media* трехсоставное. Во-первых, от контакта до транзакции – один клик.

Таблица 4

Соотнесение цифровых каналов со стадиями клиентского пути: типичная аллокация и отдача

Стадия пути	Ключевые каналы	Типичная доля бюджета, %	Горизонт отдачи	Видимый *ROI* (*last-click*)	Скорректированный *ROI* (*data-driven*)
Осведомленность	*SMM*, видео, дисплей, блогеры	25–35	Недели – месяцы	Низкий (1–2:1)	Средний (3–5:1)
Рассмотрение	*SEO*, контент, инфлюенсеры	20–30	Месяцы	Средний (3–6:1)	Высокий (8–15:1)
Конверсия	*PPC*, *email*, *retail media*	30–40	Часы – дни	Высокий (5–42:1)	Средний-высокий (4–25:1)
Удержание	*Email*, *CRM*, ретаргетинг	10–20	Дни – недели	Очень высокий	Высокий

Во-вторых, площадка владеет данными первой стороны (*first-party data*) о покупательском поведении. В-третьих, атрибуция замкнута внутри экосистемы. Но есть и обратная сторона: каннибализация органических продаж. Спонсированный листинг может не генерировать инкрементальную выручку, а перераспределять трафик от органических позиций. Инструментарий сегмента систематизирован в табл. 5.

Для рекламодателя *retail media* ставит принципиально новую задачу бюджетной аллокации. Расходы на продвижение внутри маркетплейса конкурируют с обычной *digital*-рекламой не за внимание аудитории, а напрямую – за долю в корзине покупателя. Этот сдвиг требует и пересмотра метрик: классический *CAC* (стоимость привлечения клиента) уступает место *TACoS* (*Total Advertising Cost of Sales*) – доле рекламных расходов в общей выручке от продаж на площадке [18].

Факторы разрыва между декларируемой и фактической отдачей

Если обобщить все вышесказанное, можно выделить пять ключевых факторов, которые объясняют, почему публикуемые бенчмарки *ROI* и реальная отдача для конкретной компании – порой очень разные вещи (см. табл. 6).

Из всех пяти, пожалуй, наиболее недооценен фактор каннибализации. Ситуация знакомая: компания вкладывается одновременно в *SEO* и контекстную рекламу по брендовым запросам – и часть конверсий, которые записываются на *PPC*, прекрасно состоялись бы через органику безо всяких расходов. В *retail media* – та же история: спонсированное размещение в топе выдачи маркетплейса может замещать органическую позицию того же самого товара, а не привлекать нового покупателя. Оценки инкрементальности неутешительны: от 20 до 70 % конверсий, приписываемых платному каналу, случились бы и без рекламного воздействия – разброс зависит от конкурентности категории и позиции бренда [19].

Выводы. 1. Проведенное исследование фиксирует колоссальную дифференциацию экономической отдачи цифровых маркетинговых каналов: от 2:1 для платной рекламы в социальных сетях до 36–42:1 для *email*-маркетинга. Но было бы наивно трактовать этот разброс как безусловное превосходство одних каналов над другими. Каждый из них выполняет собственную функцию на конкретной стадии клиентского пути, и его реальная отдача в решающей степени определяется моделью атрибуции, горизонтом измерения и отраслевым контекстом. Сам по себе переход от упрощенного *last-click* к мультисенсорной алгоритмической атрибуции перебрасывает до 30 % оцененной ценности между каналами – факт, который радикально меняет видимый вклад верхнеуровневых инструментов и притормаживает номинальные показатели каналов нижней воронки.

Таблица 5

Инструменты *retail media* на российских площадках: характеристика и целевое применение

Инструмент	Площадки	Формат	Ценообразование	Целевой эффект
Спонсированные товары	*Ozon, WB, Avito*	Карточки в поисковой выдаче	*CPC/CPM*	Конверсия, доля полки
Медийные баннеры	*Ozon, WB*	Баннеры на главной / в категориях	*CPM*	Осведомленность, трафик
Видеореклама	*Ozon*	Видео в карточках товара	*CPV*	Вовлечение, рассмотрение
Бренд-зона	*Ozon, WB*	Кастомная страница бренда	Фикс/*CPM*	Имиджевое присутствие
Programmatic off-site	*Ozon (Ozon Performance)*	Ретаргетинг вне площадки	*CPC*	Возврат, повторная покупка

Таблица 6

Факторы разрыва между декларируемым и фактическим *ROI* цифровых маркетинговых каналов

Фактор	Механизм влияния	Направление искажения	Масштаб эффекта
Модель атрибуции	Правило распределения ценности конверсии	Переоценка нижней воронки, недооценка верхней	Перераспределение до 30 % оцененной ценности
Горизонт измерения	Краткосрочные метрики не фиксируют отложенный эффект	Недооценка *SEO*, контента, брендинга	*ROI SEO* удваивается при горизонте 12+ мес.
Качество данных	Разрозненность *CRM*, рекламных кабинетов, аналитики	Двойной счет или потеря конверсий	Ошибка до 15–25 %
Отраслевая специфика	Различия в цикле покупки, среднем чеке, частотности	Неприменимость кросс-индустриальных бенчмарков	Разброс *ROI* в 3–5 раз
Каннибализация каналов	Перетекание трафика между платными и органическими листингами	Завышение инкрементального вклада отдельного канала	Инкрементальность от 30 до 80 %

2. Анализ структуры российского рекламного рынка выявляет несколько тенденций, напрямую влияющих на распределение бюджетов. Рынок маркетинговых коммуникаций превышает 2,1 трлн руб. в 2024 г. *Retail media* вырастает на 40 % и достигает 224 млрд руб., фактически создав новую конкурентную среду – и здесь три площадки (*Wildberries*, *Ozon*, *Avito*) контролируют свыше 95 % сегмента. Прогнозы на 2025 г. указывают, что *retail media* обеспечит до 70 % совокупного прироста рекламных расходов по стране. Это не просто количественный сдвиг – это перестройка архитектуры маркетингового микса: расходы на продвижение внутри маркетплейса начинают отбирать бюджет у классического *digital*, конкурируя уже не за охват, а за место в покупательской корзине.

3. Идентифицировано пять системных источников искажения при сопоставлении декларируемого и фактического *ROI*: модель атрибуции, горизонт измерения, качество данных, отраслевая специфика, каннибализация каналов. Наибольшее экономическое значение, судя по всему, имеет именно каннибализация – от 20 до 70 % конверсий, приписываемых платному каналу, были бы получены и без рекламного воздействия. Этот вывод имеет прямые следствия для практики бюджетирования: адекватная оценка предельной отдачи маркетинговых инвестиций требует перехода от канальных метрик к инкрементальному анализу. Те компании, которые способны проводить контролируемые эксперименты и строить причинно-следственные модели, получают ощутимое информационное преимущество при распределении бюджетов.

4. Что касается перспектив – их несколько. Ожидаемое ужесточение регулирования пользовательских данных (включая развитие российского законодательства о персональных данных) ограничит возможности таргетированной рекламы и повысит ценность каналов, опирающихся на *first-party data*, – *email* и *retail media*. Интеграция генеративного ИИ в маркетинговые процессы трансформирует экономику контентного производства, потенциально удешевляя вход в контент-маркетинг и *SEO*. Наконец, развитие мультимодальной аналитики, связывающей онлайн- и офлайн-данные, создаст условия для более полного учета вклада каждого канала и сокращения информационных потерь. Практическая ценность результатов – в обосновании подхода к канальной аллокации бюджетов, который отталкивается от стадии клиентского пути, горизонта возвратности и инкрементального вклада инструмента, а не от номинального *ROI*, рассчитанного в рамках единственной модели атрибуции.

Список литературы

1. *Tchanturia N., Dalakishvili R., Mushkudiani Z., Gulua E.* Implementing of digital models in marketing, impact and perspectives // Journal of Eastern European and Central Asian Research. 2024. Vol. 11. № 3. Pp. 452–464.

2. *Джаохадзе Е. Д., Синельникова-Мурылева Е. В.* Факторы жесткости цен онлайн-ретейлеров и структурные сдвиги // Вопросы экономики. 2024. № 9. С. 28–49.

3. *Азоев Г. Л.* Нерешенные проблемы российского маркетинга // Российский журнал менеджмента. 2025. Т. 23. № 2. С. 183–202.

4. *Kryuchkova N. A., Grankina S. V.* Modern digital marketing trends // Proceedings of the XI International Scientific Conference «Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities». Cham: 2024. Pp. 71–77.

5. *Shumkova O., Shumkova V., Krasnik A.* et al. Harnessing information systems for crafting and enhancing marketing strategies in promoting products and services effectively // Multidisciplinary Science Journal. 2024. Vol. 6. Art. 2024ss0731.

6. *Litovka-Demenina S., Tsepkalo T., Saichuk V.* et al. Current advertising approaches in tourism: effects on consumer behaviour and the advancement of tourism activities // Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias. 2025. Vol. 4. Art. 1306.

7. *Тимербулатова К. Ю.* Сигнальная роль рекламы в блогах лидеров мнений в социальных сетях // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2024. № 5. С. 101–129.

8. *Babics I., Jermolajeva E.* Development of social platforms and new opportunities in digital marketing // Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly. 2024. № 41. Pp. 22–39.

9. *Марценюк А. О., Мирзоян А. Г., Лавриненко П. А.* Факторы потребительского выбора маркетплейса для онлайн-покупок // Управленец. 2025. Т. 16. № 3. С. 92–108.

10. *Liu G., Zhu Y.* A study on the impact of digital marketing strategies on consumers' purchase intention – a case study of social media advertising // Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2024. Vol. 9. № 1.

11. *Vasylyshyna L., Yahelska K., Aldankova H., Liashuk K.* Development of marketing research technologies as the basis of a socially responsible marketing strategy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 5. № 13 (131). Pp. 76–85.

12. *Кузьминов Я. И., Кручинская Е. В.* Драйверы потребительского выбора на маркетплейсах для российского населения: экономия средств и ассортиментное разнообразие // Проблемы прогнозирования. 2025. № 6 (213). С. 95–107.

13. *Greenwood J., Ma Yu., Yorukoglu M.* «You will:» a macroeconomic analysis of digital advertising // Review of Economic Studies. 2024.

14. *Tataryntseva Yu., Kryvobok R.* Defining patterns in the implementation of digital marketing of innovative products in order to improve the level of financial results // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 4. № 13 (130). Pp. 110–117.

15. *Zhou Yu.* A study of social media influencer marketing strategy adjustment based on big data analysis // Applied Mathematics and Nonlinear Sciences. 2024. Vol. 9. № 1.

16. *Елфимова А. Д., Малиева Ф. Г., Пашаходжаева Д. Д.* Цифровой маркетинг как инструмент продвижения регионов // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. № 8. С. 1232–1241.

17. *Sak T., Mylko I., Ivashko O.* et al. How the digital economy is revolutionizing marketing management and driving sustainable development // Sustainability. 2025. Vol. 17. № 3. Art. 1130.

18. *Королева Е. В., Люкевич И. Н., Игнатикова Е. И.* Использование алгоритмов кластеризации и визуализации в интеллектуальном анализе цифровых валют центральных банков // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2025. Т. 41. № 3. С. 447–481.

19. *Yudakova O. V.* Promising directions of digitalization of enterprise marketing // Proceedings of the 3rd International Conference Engineering Innovations and Sustainable Development. Cham: 2024. Pp. 163–169.

References

1. Tchanturia N., Dalakishvili R., Mushkudiani Z., Gulua E. Implementing of digital models in marketing, impact and perspectives. *Journal of Eastern European and Central Asian Research*, 2024, vol. 11, no. 3, pp. 452–464.

2. Dzhaokhladze E. D., Sinel'nikova-Muryleva E. V. Price rigidity factors of online retailers and structural shifts. *Voprosy Ekonomiki*, 2024, no. 9, pp. 28–49.

3. Azoev G. L. Unresolved problems of Russian marketing. *Russian Journal of Management*, 2025, vol. 23, no. 2, pp. 183–202.

4. Kryuchkova N. A., Grankina S. V. Modern digital marketing trends. *Proceedings of the XI International Scientific Conference «Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities» (ISCDTE 2024)*, Cham, 2024, pp. 71–77.

5. Shumkova O., Shumkova V., Krasnik A. et al. Harnessing information systems for crafting and enhancing marketing strategies in promoting products and services effectively. *Multidisciplinary Science Journal*, 2024, vol. 6, art. 2024–0731.

6. Litovka-Demenina S., Tsepkalo T., Saichuk V. et al. Current advertising approaches in tourism: effects on consumer behaviour and the advancement of tourism activities. *Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias*, 2025, vol. 4, art. 1306.

7. Timerbulatova K. Yu. The signaling role of advertising in opinion leaders' blogs on social networks. *The Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*, 2024, no. 5, pp. 101–129.

8. Babics I., Jermolajeva E. Development of social platforms and new opportunities in digital marketing. *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*, 2024, no. 41, pp. 22–39.

9. Martsenyuk A. O., Mirzoyan A. G., Lavrinenko P. A. Consumer choice factors for online marketplace purchases. *The Manager*, 2025, vol. 16, no. 3, pp. 92–108.

10. Liu G., Zhu Y. A study on the impact of digital marketing strategies on consumers' purchase intention – a case study of social media advertising. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 2024, vol. 9, no. 1.

11. Vasylyshyna L., Yahelska K., Aldankova H., Liashuk K. Development of marketing research technologies as the basis of a socially responsible marketing strategy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024, vol. 5, no. 13 (131), pp. 76–85.

12. Kuz'minov Ya. I., Kruchinaskaya E. V. Consumer choice drivers on marketplaces for the Russian population: cost savings and assortment diversity. *Studies on Russian Economic Development*, 2025, no. 6 (213), pp. 95–107.

13. Greenwood J., Ma Yu., Yorukoglu M. «You will:» a macroeconomic analysis of digital advertising. *Review of Economic Studies*, 2024.

14. Tataryntseva Yu., Kryvobok R. Defining patterns in the implementation of digital marketing of innovative products in order to improve the level of financial results. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024, vol. 4, no. 13 (130), pp. 110–117.

15. Zhou Yu. A study of social media influencer marketing strategy adjustment based on big data analysis. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 2024, vol. 9, no. 1.

16. Elfimova A. D., Malieva F. G., Pashahodzhayeva D. D. Digital marketing as a tool for regional promotion. *Vestnik MGSU*, 2025, vol. 20, no. 8, pp. 1232–1241.

17. Sak T., Mylko I., Ivashko O. et al. How the digital economy is revolutionizing marketing management and driving sustainable development. *Sustainability*, 2025, vol. 17, no. 3, art. 1130.

18. Koroleva E. V., Lyukevich I. N., Ignatikova E. I. Application of clustering and visualization algorithms in the intelligent analysis of central bank digital currencies. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies*, 2025, vol. 41, no. 3, pp. 447–481.

19. Yudakova O. V. Promising directions of digitalization of enterprise marketing. *Proceedings of the 3rd International Conference Engineering Innovations and Sustainable Development*, Cham, 2024, pp. 163–169.

УДК 005.21:658

Г. А. МАШЕНЦЕВА, канд. экономич. наук (Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, г. Камышин); С. А. НЕСТЕРЕНКО, д-р экономич. наук; А. Ю. САВИН, аспирант (Мелитопольский государственный университет, г. Мелитополь); В. А. СИНЮКОВ, канд. экономич. наук (Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск)

E-mail: mashenceva.galina@gmail.com

G. A. Mashentseva (Kamyshinsky Institute of Technology (branch) Volgograd State Technical University, Kamyshin); S. A. Nesterenko, A. Yu. Savin (Melitopol State University, Melitopol); V. A. Sinyukov (Pacific National University, Khabarovsk)

Адаптивное управление промышленными предприятиями как фактор устойчивости в условиях нестабильности

Adaptive management of industrial enterprises as a factor of sustainability in unstable conditions

Указывается, что кризисные трансформации и адаптация предприятий являются взаимосвязанными параллельными процессами, которые формируют единый механизм выживания, развития и сохранения конкурентных преимуществ в условиях нестабильности. Авторами систематизируются основные этапы становления теории адаптации в экономическом пространстве, проанализирован вклад исследователей в развитие современной концепции адаптивности, а также определено место философских концепций в теории управления экономическими системами. Подчеркивается, что управление экономической системой предприятия в условиях нестабильности следует рассматривать как адаптивный процесс, который отличается от традиционных подходов гибкостью, способностью учитывать дестабилизирующие факторы.

The article demonstrates that crisis transformations and enterprise adaptation are interconnected, parallel processes that form a unified mechanism for survival, development and maintaining competitive advantages in unstable conditions. The authors systematize the key stages in the development of adaptation theory in economic space, analyze the contributions of researchers to the development of the modern concept of adaptability and define the place of philosophical concepts in the theory of economic system management. They emphasize that managing an enterprise's economic system in unstable conditions should be viewed as an adaptive process that differs from traditional approaches in its flexibility and ability to account for destabilizing factors.

Ключевые слова: адаптивность; адаптивное управление; промышленные предприятия; стоицизм; дарвинизм.

Keywords: adaptability; adaptive management; industrial enterprises; stoicism; Darwinism.

В настоящее время экономические системы отечественных субъектов хозяйствования находятся под негативным влиянием ряда факторов, в частности, последствий экономических санкций, что предопределяет трансформационные изменения во многих сферах [1]. Сложившаяся ситуация стимулирует возникновение процессов, которые часто являются причиной стагнации и кризисов различных масштабов и интенсивности [2]. В условиях постоянной разновекторной динамики современной экономической среды отечественные субъекты хозяйствования все чаще сталкиваются с вызовами, которые требуют не только оперативного реагирования, но и глубокой трансформации их структур, бизнес-процессов и принятия управленческих решений [3].

Таким образом, реалии сегодняшнего дня диктуют новые требования к управлению развитием промышленных предприятий. Приобретает актуальность новая концепция управления развитием промышленных предприятий, которая является отличной от классической и заключается в признании и оценке неопределенности среды функционирования хозяйствующих субъектов и переходе от попытки достичь стабильности к гибкости, обеспечению долгосрочной результативности деятельности [4, 5].

Характерной чертой современного этапа развития экономики являются коренные изменения во всех ее сферах, которые влияют на всю систему управления предприятиями [6]. Это является подтверждением того, что возникает объективная необходимость рассматривать ее как динамический процесс, так как ее формы, методы и функции находятся под влиянием многих факторов: масштаба предприятия, уровня прибыльности, конкурентоспособности и т. п. [7]. В этом контексте проблема формирования адаптивного механизма и управления кризисными трансформациями приобретает особую актуальность.

Отметим, что проблемам адаптации, анализа подходов и инструментов адаптивного управления промышленными предприятиями посвящены работы [8–13] и др. В то же время, несмотря на значительное количество публикаций, на сегодня нерешенными являются вопросы сущности адаптации как ключевого фактора обеспечения устойчивости промышленного предприятия (ПП), его структурных компонентов и механизмов функционирования в условиях нестабильности. Остается открытым вопрос о взаимосвязи между адаптивностью управления и конкурентоспособностью ПП, что также предопределяет актуальность данного исследования.

Цель данной работы – обоснование сущности адаптации как неотъемлемой составляющей управления промышленными предприятиями в условиях нестабильности, а также выявление механизмов, способствующих повышению устойчивости промышленных предприятий к кризисным изменениям.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно источнику [10], управление ПП – это процесс, направленный на достижение целей предприятия посредством упорядочения преобразований исходных субстанций или ресурсов (труда, материалов, денег, информации и т. п.) в необходимые результаты (изделия, услуги). Управление ПП характеризует способность предприятия как совокупности социально-экономической, материально-технической и организационно-технологической систем сохранять свою определенность, поддерживая состояние динамического равновесия между внутренними и внешними факторами деятельности предприятия.

В условиях нестабильности экономической ситуации кризисные трансформации возникают как рефлексия на радикальные преобразования во внешней среде, которые создают угрозы для стабильного функционирования предприятия, что требует разработки соответствующих адаптационных механизмов. Итак, кризисные трансформации и адаптация предприятий являются взаимосвязанными параллельными процессами, которые формируют единый механизм выживания, развития и сохранения конкурентных преимуществ в условиях нестабильности, ведь кризисные трансформации создают предпосылки для изменений, а адаптация позволяет интегрировать эти изменения в деятельность предприятия, обеспечивая его устойчивость в долгосрочной перспективе [14, 15].

Отметим, что становление теории адаптации начинается с 90-х гг. XX в., когда доминирующей идеей в теории менеджмента становится «адаптация как средство обеспечения устойчивого функционирования». Как отмечает В. Н. Алферов, активное развитие теории адаптивного управления происходит как ответ на «... сложность, неопределенность и подвижность внешней среды, выдвигающей на первый план проблемы приспособления предприятий к таким условиям» [16].

Теоретические основы адаптивного управления получают свое развитие в рамках ситуационного подхода в менеджменте. Фундаментальными в этом плане являются работы Дж. Вудворд, заложившие основы научной традиции исследования структурных параметров организации в условиях меняющегося окружения, а также Т. Бернса и Дж. Сталкера, чьи научные интересы связаны с разработкой адаптивных организационных структур, которые могут изменяться под влиянием ситуационных факторов [8]. Отметим, что адаптационные или инкрементальные теории организационных изменений (где адаптация охватывает как проактивные, так и реактивные меры) утверждают, что компании постоянно оценивают изменения во внешней и внутренней среде и целенаправленно адаптируются к угрозам и возможностям. Кроме того, эти теории подчеркивают интерактивную связь между субъектом хозяйствования и внешней средой. Таким образом, хотя адаптация может считаться проактивной, такие действия всегда являются ответом на определенный фактор внешней среды, например, на внешние зависимости, описанные в модели ресурсной зависимости Дж. Пфеффера и Дж. Р. Саланчика, или на воспринятый стимул, происходящий из «созданной» управленческой среды [8].

Весомый вклад в развитие современной концепции адаптивности делают А. Шарма, Д. Рангараджан и Б. Паесбругге, которые анализируют существующие исследования и осуществляя интервью с руководителями отделов продаж международных компаний систематизируют стратегические инструменты обеспечения гибкости коммерческой деятельности в условиях меняющейся среды. В частности, они предлагают для обеспечения устойчивости предприятия

на рынке создавать так называемые «адаптивные торговые силы», которые должны сосредоточиться на трех сферах изменений: увеличение гибкости и адаптивности функций, которые выполняет торговая группа; улучшение адаптивности масштаба, в котором функции продаж можно быстро передать на инсорсинг или аутсорсинг; технологическая адаптация, в которой торговая группа использует технологии, наиболее актуальные для клиентов [13].

Исследователи называют адаптивность новым конкурентным преимуществом и отмечают, что традиционные подходы к стратегии не всегда работают, поскольку они базируются на предположении о предсказуемости и стабильности внешней среды, и утверждают, что в современной динамичной бизнес-среде способность быстро и эффективно адаптироваться намного важнее для успеха, чем традиции и конкурентные преимущества, такие как лидерство по стоимости или дифференциация продукта [11].

Следует подчеркнуть, что изначально категория «адаптация» использовалась в естественных науках, понимаемая как процесс приспособления организма к меняющимся внешним условиям; как совокупность морфологических, физиологических, поведенческих и других особенностей организма, которые дают возможность вести оптимальный образ жизни в имеющихся условиях существования.

Сегодня значительное количество ученых заявляет об определенной аналогии между природными и социально-экономическими системами, которая базируется на сходстве их структуры, сложности, адаптивности и эволюционном характере. Обе системы состоят из большого количества взаимодействующих между собой элементов, которые, создавая целостные структуры, способны адаптироваться к изменениям внешней среды. В этом контексте, исследователи отмечают возможности использования знаний о естественных законах и адаптационные механизмы для понимания и управления сложными системами, включая экономические. Например, Дж. Эрроу подчеркивает, что адаптационные механизмы, присущие биологическим системам, могут быть расширены до общей теории эволюции, которая, может быть применена для управления сложными системами, такими как субъекты хозяйствования [14]. Эта идея поддерживает междисциплинарный подход указанной тематики, позволяющий использовать принципы естественных наук для решения экономических проблем, в частности для разработки адаптационных стратегий.

Следует отметить, что неотъемлемой частью разработки любой научной концепции или идеи является исследование философских теорий, которые дополняют и упорядочивают фундаментальные понимания природы знания, методологии исследования и взаимодействия науки и общества [17, 18]. Важность учета постоянной трансформации и адаптации к внешним факторам подчеркивает ряд философских концепций, которые имеют давние корни, однако их идеи остаются актуальными для современного бизнеса. Например, современные вопросы адаптации экономических систем к факторам внешней среды коррелируют с положениями таких философских концепций, как стоицизм и дарвинизм, базовые принципы которых являются крайне актуальными для современной бизнес-среды, ведь скорость, динамика изменений и непредсказуемость являются привычными условиями современности. В мире цифровизации и регулярных финансово-экономических кризисов предприятиям необходимо находить способы эффективного реагирования на потенциальные угрозы. Указанные философские концепции помогают бизнесу понять, что адаптация, практичность и устойчивость являются не просто составными элементами успешного функционирования экономических систем, а решающими факторами для достижения долгосрочной цели и формирования конкурентоспособных преимуществ.

В этом контексте философские течения стоицизма и дарвинизма имеют весомое значение для понимания сущности адаптации бизнеса к динамической внешней среде. В частности, стоицизм акцентирует внимание на важности контроля над тем, что находится в сфере влияния предприятия, и принятии изменений как неизбежной части реальности. Он помогает бизнесу оставаться устойчивым в условиях нестабильности, сосредотачиваясь на внутренних ресурсах и возможностях для реагирования, когда даже при отсутствии возможности контролировать происходящие вокруг события, всегда есть возможность контролировать реакцию на них, т.е. адаптироваться. Таким образом, субъекты хозяйствования могут адаптироваться к своему окружению, и, если посмотреть на это в долгосрочной перспективе, становится понятно, что адаптация является ключевым механизмом их выживания, развития и способности сохранять устойчивость в меняющихся условиях.

Не менее актуальной в контексте темы исследования является положение учения и научно-философской концепции, основанной на теории эволюции Чарльза Дарвина – дарвинизме. В основе этой теории лежит принцип выживания наиболее адаптивных, что является особенно актуальным в мире быстрых технологических изменений. Предприятия, которые быстро интегрируют инновации и меняют свои модели функционирования в соответствии с потреб-

ностями рынка, успешно выдерживают конкуренцию [8]. Например, участники рынка, пропустившие цифровую трансформацию, часто теряют позиции на рынке, поскольку аналитика данных и искусственный интеллект быстро трансформируют современный мир, и, согласно закону Мура, этот темп будет лишь ускоряться [4].

Следовательно, в природе все организмы должны адаптироваться к своей среде, чтобы выжить, что предполагает необходимость постоянного изменения своего поведения или структуры. Но в отличие от живых организмов, которые адаптируются естественно на протяжении поколений, современный бизнес не имеет столько времени. Указанные философские концепции формируют ценный подход к адаптации бизнеса, где важна как внутренняя устойчивость, так и гибкость в принятии новых решений. Стоицизм учит преодолевать вызовы, а дарвинизм объясняет, почему адаптация является ключевым условием выживания. В динамичной среде предприятия, применяющие эти принципы, способны не только противостоять кризисам, но и использовать их как катализатор роста, что позволяет бизнесу оставаться конкурентоспособным, инновационным и устойчивым к изменениям.

Анализ рассмотренных выше положений позволяет утверждать, что основными факторами влияния, которые побуждают предприятие к адаптации, являются:

- влияние внешних факторов;
- устаревший стиль и методы управления;
- изменение целевых ориентиров потребителей (покупателей) предприятия, что предопределяет потребность в совершенствовании как самого продукта (товара, работы, услуги), так и системы его сбыта (реализации), всех составляющих маркетингового комплекса предприятия;
- «формирование основными конкурентами новых долгосрочных конкурентных преимуществ обусловливает заинтересованность во внедрении их опыта, нахождение новых подходов к ведению бизнеса (на основе реинжиниринга, бенчмаркинга и т. д.)» [14].

При этом процесс адаптации ПП к новым условиям деятельности должен обеспечивать последовательность изменений, необходимых для удержания предприятием устойчивых конкурентных преимуществ и достижения неповторимости и долгосрочной доходности как ключевых индикаторов успешной адаптации ПП в условиях нестабильности.

Технологические изменения создают огромные возможности для предприятий, внедряющих инновации, но также и серьезные вызовы для тех, кто не успевает адаптироваться. Аналитики отмечают, что средний возраст компании в списке *S&P 500* снижается с 60 лет в 1950-х гг. до менее чем 40 лет в настоящее время [13]. По мнению исследователей, эффективно функционировать смогут не самые большие или наиболее финансово стабильные предприятия, а те, которые смогут адаптироваться к экспоненциально растущему темпу изменений [16].

Анализ практики функционирования бизнес-структур свидетельствует, что отсутствие способности к адаптации приводит к банкротству или слиянию, например, компания *Blockbuster* не смогла адаптироваться к переходу на цифровые медиа, компания *Kodak* не сумела изменить стратегию при переходе от пленки к цифровым форматам, компания *Borders* проиграла в цифровой торговле книгами, а компания *Sears*, которая более века была основным универсальным магазином, теперь неактуальна без адаптации к омниканальной розничной торговле и изменениям потребительских предпочтений. В то же время предприятия, которые адаптировались к изменениям, смогли превратить их в свое преимущество.

Выводы. 1. Современные условия деятельности ПП требуют активизации и ускорения адаптационных процессов путем разработки и внедрения механизма адаптивного управления их развитием, что является ключевым фактором обеспечения экономической безопасности.

2. Таким образом, управление ПП в условиях нестабильности следует рассматривать как адаптивный процесс, который отличается от традиционных подходов гибкостью, способностью учитывать дестабилизирующие факторы и нейтрализовать негативное воздействие как внутренних, так и внешних факторов.

3. Эффективное адаптивное управление предполагает возможность изменяться, самообучаться и развиваться в соответствии с новыми вызовами.

Список литературы

1. *Аламова С. М., Аламов И. Л.* Право в эпоху цифровизации: проблемы трансформации // Наука, образование: современные цифровые технологии формирования экосреды инновационного развития региона в условиях системных преобразований: мат-лы нац. науч.-практич. конф.: В 2-х ч. Казань: Университет управления «ТИСБИ». 2022. Ч. 1. С. 40–43.

2. *Тургаева А. А.* Управление факторами риска наступления неблагоприятного события // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 3. С. 233–237.

3. *Тургаева А. А.* Концепция квадрата управления рисками организации // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 3. С. 227–232.

4. *Гапаненок Д. В., Макаров В. В.* Адаптивное управление предприятием в условиях неопределенности // Эко-

номика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Т. 14. № 3А. С. 679–685.

5. *Зыкова А. В., Денисов Д. Ю.* Развитие концепции процессного управления // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 5. С. 279–283.

6. *Самушкин Н. Д.* Право и экономика в контексте технологических революций // Пробелы в российском законодательстве. 2024. Т. 17. № 5. С. 26–30.

7. *Афанасьев М. А., Староверова О. В., Уринцов А. И.* Адаптация как процесс управления хозяйствующим субъектом // Вестник Московского университета МВД России. 2016. № 2. С. 201–206.

8. *Старикова М. С.* Теория и методология адаптивного управления промышленной корпорацией: монография. Белгород: Изд-во БГТУ. 2015. 220 с.

9. *Старикова М. С.* Концепция адаптивного управления предприятием // Белгородский экономический вестник. 2015. № 4 (80). С. 104–115.

10. *Бушмелева Г. В.* Адаптивное управление промышленным предприятием в конкурентной среде: монография. Екатеринбург: Изд-во Института экономики УрО РАН. 2008. 215 с.

11. *Агафонова М. С.* Развитие механизма управления адаптацией промышленного предприятия // Успехи современного естествознания. 2011. № 11. С. 71–72.

12. *Агафонова М. С., Шальнев О. Г.* Содержание и методы адаптивного управления предприятием // Финансовая экономика. 2021. № 1. С. 3–5.

13. *Sharma A., Rangarajan D., Paesbrugghe B.* Increasing resilience by creating an adaptive salesforce // Industrial Marketing Management. 2020. Vol. 88. Pp. 238–246.

14. *Клименчукова Н. С.* Необходимость построения адаптивной системы управления предприятием // Научный вестник Луганского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (12). С. 175–181.

15. *Жарова А. К.* Классификаторы деструктивных воздействий в цифровом пространстве // Пробелы в российском законодательстве. 2024. Т. 17. № 6. С. 28–32.

16. *Алферов В. Н., Мешкова Г. В., Осадчий Э. А.* Адаптивное управление предприятием в условиях формирования финансово-экономической безопасности: теоретические аспекты // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 3. С. 238–243.

17. *Васильева Е. Н.* Взаимодействие искусства и философии // Искусствоведение. 2023. № 4. С. 53–64.

18. *Волкова П. С.* Искусство в аспекте диалога. К вопросу о философии образования // Искусствоведение. 2023. № 1. С. 6–14.

References

1. Alamova S. M., Alamov I. L. Law in the era of digitalization: problems of transformation. *Science, education: modern digital technologies for the formation of the eco-environment for innovative development of a region in the context of systemic transformations: Proceedings of the national scientific and practical conference in 2 parts*. Kazan, University of Management «TISBI», 2022, part 1, pp. 40–43.

2. Turgaeva A. A. Managing risk factors for an adverse event. *Economic Problems and Legal Practice*, 2024, vol. 20, no. 3, pp. 233–237.

3. Turgaeva A. A. Concept of the organizational risk management square. *Economic Problems and Legal Practice*, 2024, vol. 20, no. 3, pp. 227–232.

4. Gapanenok D. V., Makarov V. V. Adaptive enterprise management under conditions of uncertainty. *Economy: Yesterday, Today and Tomorrow*, 2024, vol. 14, no. 3A, pp. 679–685.

5. Zykova A. V., Denisov D. Yu. Development of the process management concept. *Economic Problems and Legal Practice*, 2024, vol. 20, no. 5, pp. 279–283.

6. Samushkin N. D. Law and economics in the context of technological revolutions. *Gaps in Russian Legislation*, 2024, vol. 17, no. 5, pp. 26–30.

7. Afanasyev M. A., Staroverova O. V., Urintsov A. I. Adaptation as the way for the economic entity management process. *Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 2016, no. 2, pp. 201–206.

8. Starikova M. S. *Teoriya i metodologiya adaptivnogo upravleniya promyshlennoj korporaciej* [Theory and methodology of adaptive management of an industrial corporation: monograph]. Belgorod, BSTU Publishing House, 2015, 220 p.

9. Starikova M. S. The concept of adaptive enterprise management. *Belgorod Economic Bulletin*, 2015, no. 4 (80), pp. 104–115.

10. Bushmeleva G. V. *Adaptivnoe upravlenie promyshlennym predpriyatiem v konkurentnoj srede* [Adaptive management of an industrial enterprise in a competitive environment: monograph]. Ekaterinburg, Publishing house of the Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2008, 215 p.

11. Agafonova M. S. Development of a mechanism of management by adaptation of the industrial enterprise. *Advances in modern natural science*, 2011, no. 11, pp. 71–72.

12. Agafonova M. S., Shalnev O. G. Content and methods of adaptive enterprise management. *Financial Economics*, 2021, no. 1, pp. 3–5.

13. Sharma A., Rangarajan D., Paesbrugghe B. Increasing resilience by creating an adaptive salesforce. *Industrial Marketing Management*, 2020, vol. 88, pp. 238–246.

14. Klimenchukova N. S. The need to build an adaptive management system of the enterprise. *Scientific Bulletin of Luhansk State Agrarian University*, 2021, no. 3 (12), pp. 175–181.

15. Zharova A. K. Classifiers of destructive impacts in digital space. *Gaps in Russian Legislation*, 2024, vol. 17, no. 6, pp. 28–32.

16. Alferov V. N., Meshkova G. V., Osadchy E. A. Adaptive enterprise management in the conditions of formation of financial and economic security: Theoretical aspects. *Problems of Economics and Legal Practice*, 2024, vol. 20, no. 3, pp. 238–243.

17. Vasilyeva E. N. Interaction of art and philosophy. *Art Criticism*, 2023, no. 4, pp. 53–64.

18. Volkova P. S. Art in the aspect of dialog. On the question of educational philosophy. *Art Criticism*, 2023, no. 1, pp. 6–14.

УДК 338.27

Е. П. КОЧЕТКОВ, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: kochetkove@mail.ru
E. P. Kochetkov (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Формирование методики оценки угрозы банкротства промышленных организаций: синтез экономического и правового подходов

Formation of a methodology for assessing the risk of bankruptcy of industrial organizations: a synthesis of economic and legal approaches

Проводится анализ угрозы банкротства организаций промышленности, на основе результатов которого обоснована важность разработки современной методики оценки такой угрозы. Статья посвящена разработке методического подхода к оценке угрозы банкротства промышленной организации как экономико-правового явления, проявляющегося не только в ухудшении значений финансовых коэффициентов, но и в переходе взаимодействий со стейкхолдерами в плоскость юридических действий и процедур банкротства. Уточнено содержание категории «угроза банкротства» и обоснована ее стадийность (ранние финансовые признаки, активизация действий кредиторов, реализация процедур банкротства), что позволяет связать диагностику с событийной логикой банкротного процесса. Доказано, что отечественные нормативные методики ограниченно отражают формирование угрозы банкротства на ранних этапах. Предложена трехэтапная методика оценки угрозы банкротства, учитывающая не только финансово-экономический анализ, но и анализ правовых событий, приводящих к возбуждению дела о банкротстве. Обосновано, что переход к скорректированным индикаторам повышает интерпретируемость результатов, обеспечивает более раннее выявление угрозы по сравнению с применением традиционных коэффициентов и классических моделей прогнозирования банкротства. Полученные результаты расширяют инструментарий финансово-правового анализа и могут использоваться в корпоративном риск-менеджменте, при подготовке управленческих решений, направленных на предупреждение банкротства организаций либо на реализацию права на подачу заявления о банкротстве.

An analysis of the threat of bankruptcy in industrial organizations is conducted and the results substantiate the importance of developing a modern methodology for assessing such a threat. The article develops a methodological approach to assessing the threat of bankruptcy of an industrial organization as an economic and legal phenomenon manifested not only in the deterioration of financial ratios, but also in the shift of stakeholder interactions into the domain of legally significant actions and bankruptcy procedures. The content of the category «threat of bankruptcy» is clarified, its stage-based nature is justified (early financial symptoms, activation of creditors' actions, implementation of bankruptcy procedures), which makes it possible to link diagnostics to the event-driven logic of the bankruptcy process. It is demonstrated that domestic regulatory methodologies only to a limited extent capture the formation of a bankruptcy threat at early stages. A three-stage methodology for assessing the threat of bankruptcy is proposed, incorporating not only financial and economic analysis but also an analysis of legal events that may lead to the initiation of bankruptcy proceedings. It is argued that the use of adjusted indicators improves the interpretability of results and enables earlier identification of the threat compared with traditional ratios and classical bankruptcy prediction models. The findings expand the toolkit of financial and legal analysis and can be applied in corporate risk management and in preparing managerial decisions aimed either at preventing organizational bankruptcy or at exercising the right to file a bankruptcy petition.

Ключевые слова: угроза банкротства промышленной организации; методика оценки; неплатежеспособность; признаки банкротства; угроза разрушения бизнеса; угроза имущественным интересам собственников организации; событийный анализ; восстановление платежеспособности.

Keywords: threat of bankruptcy of an industrial organization; assessment methodology; insolvency; bankruptcy indicators; threat of business destruction; threat to owners' property interests; event analysis; restoration of solvency.

Угроза банкротства может возникнуть у любой промышленной организации из-за различных факторов внешней и внутренней среды. С одной стороны, текущая макроэкономическая нестабильность повышает уровень такой угрозы у промышленных организаций в силу неопределенности развития экономики, недоступности финансовых ресурсов для развития бизнеса и других причин. С другой стороны, отечественные организации промышленности имеют неудовлетворительное финансово-экономическое состояние, что делает их риски банкротства не эпизодическими, а системными.

На фоне роста совокупного финансового результата обрабатывающей промышленности за последние четыре года в 2024 г. консолидированный убыток убыточных организаций составляет 1028,9 млрд руб. при прибыли в 10767,2 млрд руб., т. е. убытки «съедают» около 9,6 % отраслевой прибыли. Такой объем убытков показывает, что внутри отрасли сохраняется крупный сегмент организаций (почти каждая десятая организация) с отрицательной маржинальностью, слабым денежным потоком, у которых формируется угроза неплатежеспособности.

Несмотря на понижающий тренд количества банкротств организаций в России в 2025 г., начавшийся в 2024 г. (снижение числа корпоративных банкротств в 2025 г. до 6477 случаев с 8561 случаев в 2024 г. – сокращение на 25 %), риски ликвидации организаций в ходе конкурсного производства остаются масштабным: в 2025 г. зафиксировано 5268 наблюдений и 19410 намерений кредиторов обратиться в суд с заявлением о банкротстве. Отраслевой разрез дополнительно подтверждает актуальность проблемы для промышленности: в обрабатывающих производствах в 2025 г. зарегистрировано 652 корпоративных банкротства (около 10 % от общего количества процедур конкурсного производства), т. е. каждая 10 ликвидация юридических лиц происходит в промышленности.

Задача оценки угрозы банкротства промышленных организаций представляет интерес для всех их стейкхолдеров: собственников, кредиторов, менеджмента, государства (в роли собственника, кредитора, регулятора). Для каждого стейкхолдера банкротство организации несет негативные последствия: для собственников – утрата бизнеса и вложенного капитала, для менеджмента – потеря работы и приобретение плохой репутации, для государства – ликвидация налогоплательщика, для кредиторов – риски невозврата предоставленного долгового капитала, высокие издержки взыскания.

Однако реабилитационная функция банкротства организаций остается слабой: процедуры, направленные на восстановление платежеспособности (внешнее управление и финансовое оздоровление), в 2025 г. применяются всего 59 раз, что составляет 0,9 % всех введенных процедур банкротства. Это усиливает значимость ранней и надежной диагностики угрозы банкротства: чем позже идентифицируется кризис, тем выше вероятность ликвидационного сценария и тем больше потери всех стейкхолдеров бизнеса. Таким образом, применяя на практике оценку угрозы банкротства промышленных организаций, можно предотвращать негативные последствия утраты их активов, что сказывается положительно не только на благосостоянии их стейкхолдеров, но и косвенно влияет на макроэкономическую эффективность.

Оценка угрозы банкротства необходима в большинстве случаев для анализа возможности исполнения обязательств перед кредиторами, включая уплату налогов. В РФ такая оценка применяется как основание для предоставления отсрочки или рассрочки по налогам юридического лица, когда единовременная уплата им налога, сбора, страхового взноса, пеней, штрафов, процентов приводит к угрозе возникновения признаков его банкротства (ст. 64 НК РФ). Эмпирические данные указывают на проблему недостаточного использования налоговых отсрочек, рассрочек как инструмента предупреждения банкротства. По данным ФНС России, доля реструктуризованных налоговых долгов по основанию угрозы банкротства не превышает 11 %. Это свидетельствует о том, что формально предусмотренный механизм реструктуризации задолженности при угрозе банкротства остается для бизнеса труднодоступным.

С другой стороны, развитие методологии оценки угрозы банкротства может позволить расширить практику применения должником права на подачу заявления о своем банкротстве при наличии обстоятельств, очевидно свидетельствующих о невозможности погашения своих требований в полном объеме. Однако статистика структуры заявителей указывает на то, что корпоративное банкротство в основном инициируется кредиторами: в 2025 г. доля конкурсных кредиторов и ФНС России как инициаторов составляет 83 %. Одной из причин такого положения дел может являться отсутствие недостаточно проработанной методики ранней диагностики угрозы бан-

кротства и связанные с этим поведенческие барьеры должника (репутационные и юридические риски), из-за которых бизнес откладывает обращение в суд о признании банкротом до стадии, когда инициатором становится кредитор. Следовательно, повышение качества методики оценки угрозы банкротства для промышленных организаций является не только задачей методологии, но и потенциальным условием повышения эффективности их финансового оздоровления, в т. ч. в рамках процедур банкротства.

Несмотря на высокую практическую значимость оценки угрозы банкротства для всех стейкхолдеров должника, до настоящего времени существует ряд проблем методологического и теоретического характера, которые затрудняют проведение такой оценки и снижают качество ее результатов. С точки зрения теории основная проблема кроется в отсутствии единого понимания сущности угрозы банкротства организации, что выражается в смешении ее экономической и правой составляющих. Следствием такой путаницы является существование не взаимосвязанных друг с другом методических подходов к оценке угрозы банкротства организаций: применение экономических методов не позволяет оценить правовые последствия вследствие наступления факта невозможности расчета с кредиторами должника.

Цель данной работы – разработка методики оценки угрозы банкротства промышленной организации на основе формирования современного понимания сущности угрозы банкротства, синтезирующей правовые и экономические подходы к пониманию банкротства.

Гипотеза исследования – особенности методологии оценки угрозы банкротства промышленной организации обусловлены экономической и правовой составляющей такой угрозы.

Материалы и методы исследования

В качестве практической и теоретической основы исследования используются отечественные и иностранные научные труды по вопросам оценки вероятности банкротства организаций, отечественные нормативные правовые порядки анализа угрозы банкротства организаций, статистические данные по финансово-экономическому состоянию организаций обрабатывающей промышленности как наиболее весомой в российской экономике и по судебной практике банкротства промышленных организаций. Основные теоретические разработки исследования базируются на достижениях теории банкротства научной школы «Антикризисное управление» Финансового университета при Правительстве РФ [1, 2].

С точки зрения угрозы банкротства организаций существующие современные исследования базируются на оценке вероятности банкротства как экономического явления, но не правового процесса [3]. Особенностью современной методологии оценки вероятности банкротства является наличие множества методов, трудно поддающихся единой классификации [4].

В большинстве случаев используются математические методы прогнозирования банкротства организаций, которые достаточно изучены и разделяются на параметрические и непараметрические [5]. Исторически первой оказывается первая группа, которая включает в себя методы дискриминантного анализа, логистической регрессии и анализа рисков. Вторая группа является более современными методами и предусматривает методы охвата данных, нейронные сети, регрессионные модели [6–11]. Параметрические методы требуют меньше вычислительных мощностей, входных данных, однако непараметрические методы, использующие серьезные вычислительные мощности, существенно повышают качество оценки вероятности банкротства. До настоящего времени отсутствует единая позиция о превосходстве одной группы над другой [12, 13].

В России также формируется нормативный правовой подход к оценке угрозы банкротства организаций. Данный подход учитывает синтетическую природу института банкротства, в рамках которой оценивается не только экономический факт невозможности выполнения должником обязательств перед кредиторами, но и правовые основания для возбуждения дела о банкротстве. Однако, как покажет дальнейшее исследование, отечественные методики указанного подхода имеют ряд недостатков.

В целом в рамках исследований, посвященных вопросам прогнозирования вероятности банкротства, фиксируется переход от статических моделей, основанных исключительно на бухгалтерских финансовых коэффициентах, к синтетическим моделям раннего предупреждения, объединяющим финансовые индикаторы с различными признаками и событиями [14–16]. Данные исследования концептуально близки к событийной трактовке угрозы банкротства, поскольку хозяйственные и правовые события (нарушения договоров, судебные иски, изменение условий кредитования, действия кредиторов) предшествуют формальному признанию несостоятельности.

На уровне факторов внешней среды растет внимание к *ESG*-параметрам и отраслевой специфике. Так, в источнике [17] на примере энергетических компаний показано, что качество текстов *ESG*-отчетов статистически связаны с вероятностью финансового неблагополучия, дополняя традиционные финансовые индикаторы. Отдельно выделяется проблема устойчивости моделей прогнозирования банкрот-

ства в периоды резкой смены макроэкономических условий: показано, что кризисы в экономике могут снижать качество моделей прогнозирования банкротства [18].

Достаточно исследованы вопросы последствий банкротства организаций, которые подчеркивают, что несостоятельность одного участника влияет на доступность и условия кредитования для связанных компаний, формируя вторичные волны риска в экономике [19]. Для обеспечения финансовой стабильности также значимы межфирменные связи: распространение шоков по цепочкам поставок и эффект «заражения» дефолтами усиливают риск неплатежеспособности, особенно в промышленности с высокой зависимостью от ограниченного круга поставщиков и заказчиков [20].

Важной тенденцией является развитие объясняющих моделей прогнозирования банкротства, ориентированных не только на классификацию риска, но и на управленческую интерпретацию результатов, что повышает прикладную ценность диагностики для антикризисного управления и переговоров с кредиторами [21–23].

Таким образом, обзор научной и нормативной правовой литературы показывает, во-первых, существование терминологической неопределенности в отношении понятия угрозы банкротства, во-вторых, формирование экономических и правовых подходов к оценке вероятности банкротства организаций, в-третьих, эволюция оценки вероятности банкротства подразумевает использование не только финансовых индикаторов, но и событийный анализ. В настоящее время используется узкий подход к определению угрозы банкротства, базирующийся на применении математического инструментария и подразумевающий только экономическое содержание банкротства.

Под угрозой банкротства организации в большинстве исследований понимается вероятность наступления риска банкротства без правового контекста возбуждения судебного дела о банкротстве, т. е. подразумевается математически рассчитанная вероятностная оценка возникновения невозможности исполнения обязательств перед кредиторами в силу финансово-экономических причин. При этом исследования автора показывают, что угроза банкротства организации связана не только с вероятностью его возникновения, но и с нанесением ущерба стейкхолдерам должника, обусловленного в т. ч. правовыми последствиями возбуждения дела о банкротстве [24].

Для достижения поставленной цели исследования и доказательства сформулированной гипотезы в статье применяются следующие научные методы: логические методы (анализ, синтез, индукция, научная абстракция), диалектический метод, экономическая компаративистика, методология системного подхода, методы финансового анализа в динамике.

Результаты исследования и их обсуждение

Сущность угрозы банкротства промышленной организации

В ходе исследования установлено, что отсутствие единого понимания сущности угрозы банкротства связано с синтетической природой института банкротства. Для устранения данного недостатка предлагается рассмотреть ее с точки зрения формы и содержания. Форма определяется внешними проявлениями и событиями, содержание – внутренней сущностью угрозы банкротства.

На основе предложенного подхода сформировано определение угрозы банкротства промышленной организации: это такое состояние нарастания вероятности перехода от неплатежеспособности к возможному возбуждению дела о банкротстве под влиянием активизации кредиторов, сопровождаемое риском разрушения бизнеса и ущемлением имущественных интересов собственника.

С точки зрения формы угроза банкротства представляет собой череду правовых последствий, обусловленных развитием кризиса и событиями, предшествующими банкротству организаций, каждое из которых является отдельным уровнем угрозы. Выделены три стадии:

- появление признаков банкротства;
- возбуждение дела о банкротстве;
- открытие конкурсного производства с признанием должника банкротом и последующей ликвидацией.

Эти угрозы развиваются строго хронологически: каждая последующая стадия невозможна без предыдущей, а интенсивность угрозы возрастает по мере продвижения к конкурсному производству. Граничными событиями, переводящими угрозу на следующий уровень, выступают истребование задолженности кредиторами и собственно возбуждение дела о банкротстве.

С точки зрения содержания устанавливается наличие двух взаимосвязанных компонентов угрозы банкротства: угрозы разрушения бизнеса и угрозы имущественным интересам собственника (см. рис. 1). Разрушение бизнеса понимается как прекращение производственно-хозяйственной деятельности вследствие диспропорций между активами и капиталом, приводящих к разрыву ключевых связей (экономических, технологических, финансовых, информационных) и распаду целостной системы на отдельные



Рис. 1. Содержание угрозы банкротства организации

активы. Выявляются две формы разрушения: внутренняя (дисбаланс активов и капитала, дефицит собственных средств, утрата платежеспособности) и внешняя (принудительная раздельная распродажа активов, утрата отношений с контрагентами и бренда). Вторая составляющая содержания проявляется при возбуждении дела о банкротстве, когда активы могут быть отчуждены против воли собственника, а риски усиливаются возможностью оспаривания сделок, привлечения к субсидиарной ответственности и взыскания убытков с контролирующих лиц.

Оба содержательных компонента угрозы банкротства развиваются синхронно и резко усиливаются после наступления неплатежеспособности, поскольку именно она активирует действия кредиторов и переводит кризис в плоскость юридических процедур банкротства. Таким образом, предложенное определение угрозы банкротства промышленной организации формирует основу для методологии диагностики банкротства, ориентированной на раннее выявление и оценку нарастания комплексного риска.

Недостатки существующих нормативных методик оценки угрозы банкротства организаций

В России эволюция методологии оценки угрозы банкротства организации определяется развитием методик нормативного правового характера, применяемых при предоставлении налоговой отсрочки (рассрочки). В рамках данного исследования проводится анализ таких методик и устанавливаются их основные недостатки.

Первая такая методика появляется в 1999 г. и ориентирована на оценку угрозы банкротства организаций угольной отрасли в случае единовременной уплаты налога. В отличие от последующих методик данная имеет единственный четко определенный критерий угрозы банкротства.

Согласно данной методике, вывод о существовании угрозы банкротства организаций угольной отрасли при единовременной уплате налогов имеет место быть, если разность между величиной источников собственных средств и суммой величин убытков и внеоборотных активов будет меньше величины налогов, подлежащих единовременной уплате в федеральный бюджет. Однако экономический анализ сформулированного критерия угрозы банкротства не позволяет однозначно утверждать, что такая ситуация может быть оправдана с точки зрения практики и существующих принципов финансирования активов и удовлетворительной структуры баланса.

Формализуем анализируемый критерий угрозы банкротства по формуле (1). Разность между величиной собственных средств и суммой убытков можно определить как итоговую величину собственного капитала, поэтому выражение (1) может быть преобразована в неравенство (2). Используя балансовое равенство, формулу (2) можно преобразовать в неравенство (3), представив через балансовое равенство величины собственного капитала и внеоборотных активов. После упрощения получается выражение (4), согласно которому угроза банкротства возникает в случае, если величина оборотных активов меньше суммы всего заемного капитала и налогов, подлежащих уплате в бюджет, либо отношение указанных величин меньше 1 по формуле (5):

$$СС - У - ВА < Н; \quad (1)$$

$$СК - ВА < Н; \quad (2)$$

$$(А - ЗК) - (А - ОА) < Н; \quad (3)$$

$$ОА < Н + ЗК; \quad (4)$$

$$ОА/(Н + ЗК) < 1, \quad (5)$$

где СС – величина собственных средств; СК – величина собственного капитала; У – величина убытков; ВА – величина внеоборотных активов; Н – величина налогов, подлежащих уплате в федеральный бюджет; ЗК – величина заемного капитала как суммы долгосрочных и краткосрочных обязательств; А – величина активов (валюта баланса); ОА – величина оборотных активов.

Из формулы (5) видно, что отношение оборотных активов к величине всех обязательств организации всегда будет меньше единицы, что следует из удовлетворительной структуры баланса (см. рис. 2, *а*): общий размер оборотных активов не может превышать величину долгосрочных обязательств, поскольк-

ку нарушаются принципы обеспечения финансовой устойчивости из-за разных сроков обращения данных элементов баланса (оборотные активы полностью финансируются за счет собственных средств) и структура баланса становится неудовлетворительной (см. рис. 2, *б*).

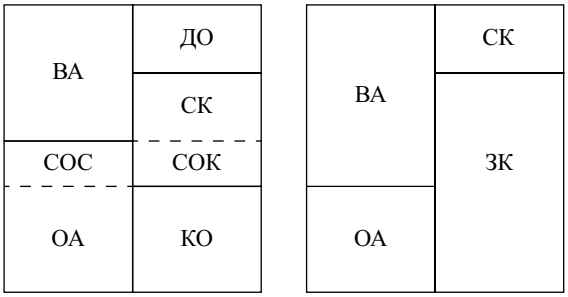


Рис. 2. Удовлетворительная (*а*) и неудовлетворительная (*б*) структуры баланса:
где СОС – величина собственных оборотных средств; СОК – величина собственного оборотного капитала; ДО – величина долгосрочных обязательств; КО – величина краткосрочных обязательств

Таким образом, рассматриваемая методика имеет ряд недостатков: сводит сущность угрозы банкротства к единственному балансовому критерию, в результате чего выводы о наличии такой угрозы зависят от статической структуры баланса и учетной политики, а не от реальных денежных потоков и способности к восстановлению платежеспособности.

Затем в развитие рассмотренной методики оценки угрозы банкротства для организаций угольной отрасли принимается новая методика, сфера действия которой распространяется уже на организации любых форм и собственности из различных отраслей. Данная методика разрабатывается Минэкономразвития России и претерпевает уже три редакции, которые имеют следующие особенности:

- субъектом анализа выступает ФНС России на основе данных, доступных ФНС России;
- методики не ориентированы на самостоятельное применение организациями для собственных целей;
- в рамках методик оценивается угроза возникновения признаков банкротства организации, а не сама угроза банкротства.

Анализ методик Минэкономразвития России позволяет установить, что они обладают рядом недостатков, связанных с ограничениями их самостоятельного применения организацией, методологическим несовершенством (например, первые две редакции методики предполагают предоставление налоговой отсрочки только в случае отсутствия прибыли). Существенной ошибкой методологического характера является определение предмета последней методики в части установления угрозы возникновения признаков банкротства. Проблема заключается в том, что наличие признаков банкротства необязательно заканчивается банкротством организации, поскольку само по себе наличие просроченной задолженности (даже больше трех месяцев – признак банкротства организации) не всегда приводит к возбуждению дела о банкротстве, для этого необходимо выполнение других условий, установленных законодательством о несостоятельности, включая пороговую величину обязательств. Наличие задолженности – это нормальный факт хозяйственной деятельности, в т. ч. задолженность, отвечающая формальному признаку банкротства, может сегодня быть, а завтра отсутствовать. Главное, чтобы наличие такой задолженности не перешло в хроническое состояние.

Таким образом, проведенный анализ подтверждает практическую необходимость в разработке методики оценки угрозы банкротства, лишенной недостатков существующих нормативных методик.

Методика оценки угрозы банкротства промышленной организации

Основные методологические предпосылки оценки угрозы банкротства промышленной организации следующие:

1. Угроза банкротства с точки зрения временного фактора – совокупность нескольких видов угроз, каждая из которых реализуется последовательно и не может быть реализована до наступления предыдущей угрозы.

2. Применение событийного анализа. Отслеживание событий и фактов – для каждого элемента угрозы банкротства характерно наступление своих событий, свидетельствующих о наступлении соответствующей угрозы.

3. Использование принципа ретроспективности, предполагающего применение в аналитических целях ретроспективных данных о финансово-экономических результатах деятельности организации.

4. Оценка потенциала восстановления платежеспособности.

5. Учет требований национального законодательства о банкротстве и смежных с ним правовых норм.

Методика оценки угрозы банкротства организации на основе событийного анализа предполагает выполнение трех этапов (см. рис. 3).

Рассмотрим каждый этап подробно.

1 этап. Оценка угрозы возникновения признаков банкротства. Возникновение признаков банкротства – элемент угрозы банкротства организации, который возникает в первую очередь и тесно связан

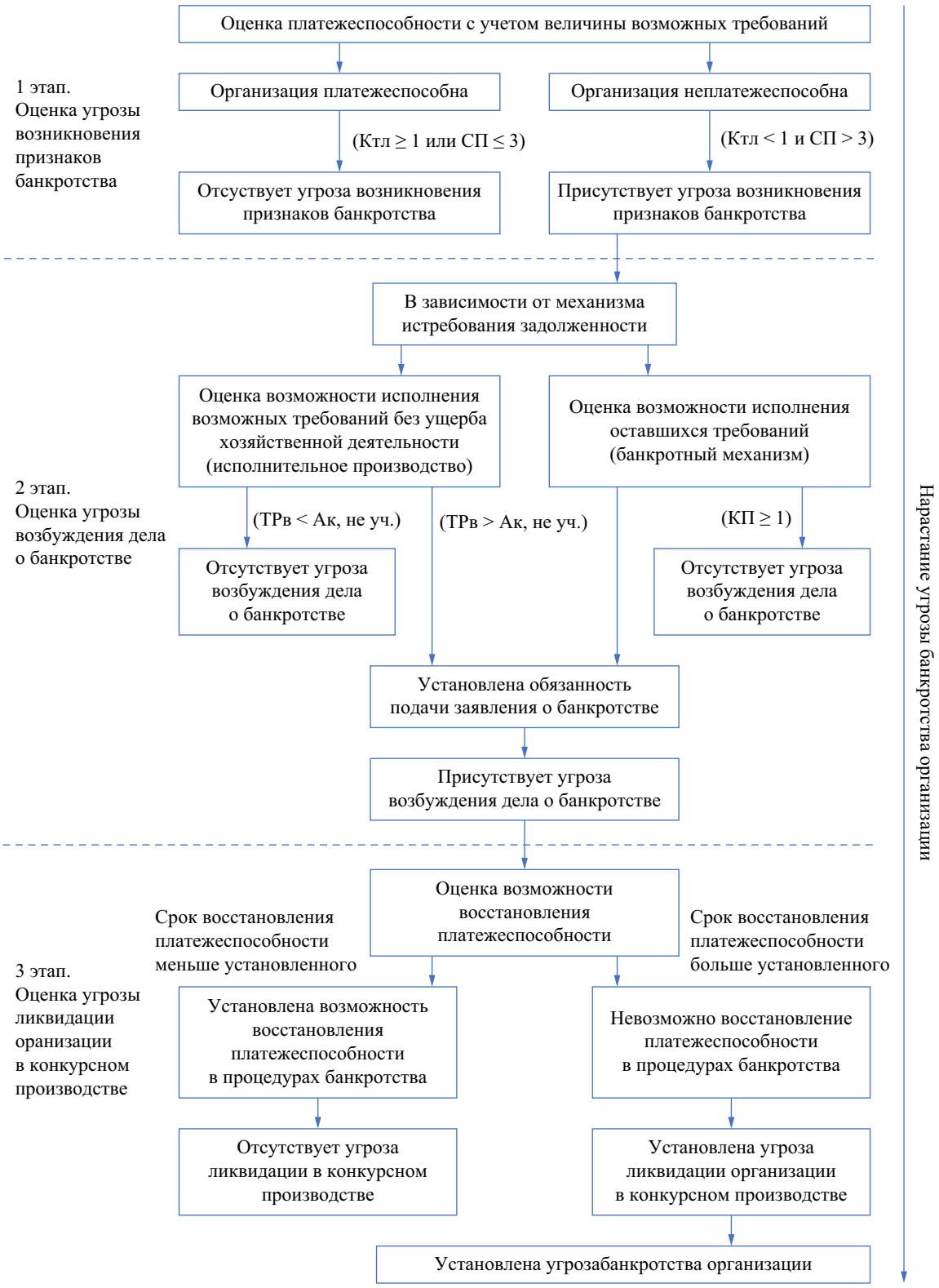


Рис. 3. Этапы разработанной методики оценки угрозы банкротства организации

с платежеспособностью организации. Как видно из последовательности событий, предшествующих возбуждению дела о банкротстве (см. рис. 4), утрата платежеспособности приводит к появлению просроченных обязательств – факторов формирования признаков банкротства, поэтому цель данного этапа – оценить на последнюю отчетную дату платежеспособность организации с учетом величины возможных требований, предъявленных к взысканию. Оценка платежеспособности должна проводиться в соответствии с методологией антикризисного финансового анализа [25].

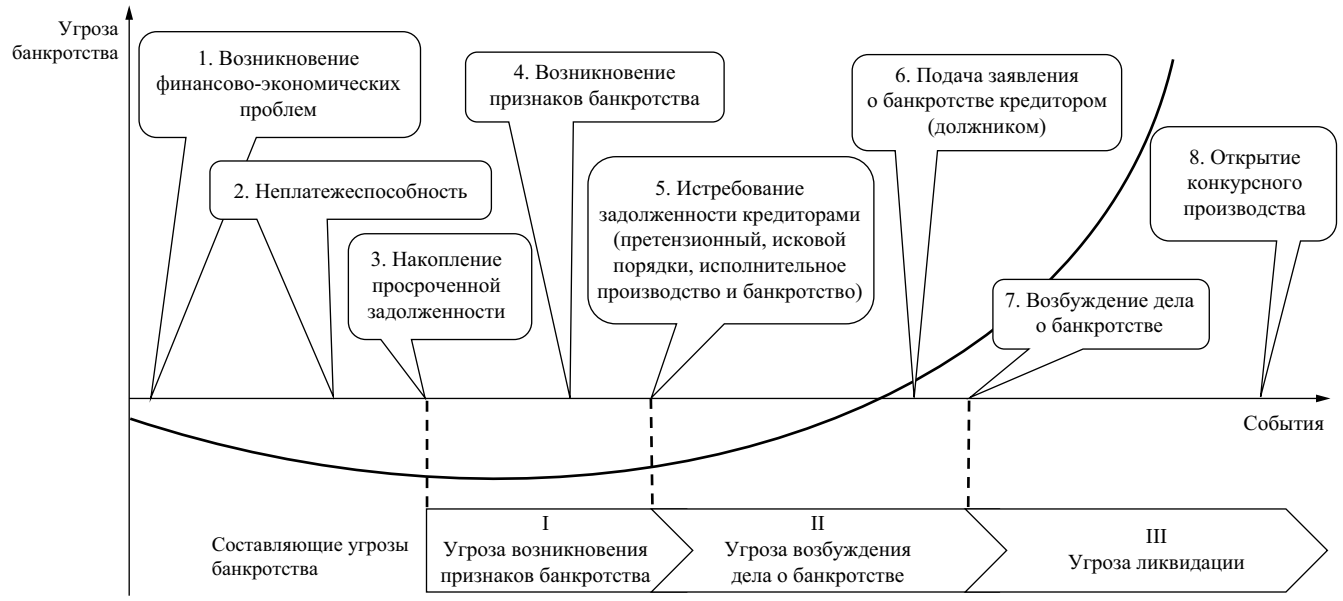


Рис. 4. Основные события, связанные с развитием угрозы банкротства организации

На данном этапе оценивается платежеспособность организации с учетом величины возможных требований (ТРв) (это могут быть исполнительные документы, судебные иски, требования ФНС России, договорные претензии и т. д.) на основе скорректированных значений двух коэффициентов: текущей ликвидности ($Ктл_{скор}$) и степени платежеспособности ($СП_{скор}$), т. е. определяется влияние взыскания денежных средств в объеме возможных требований на платежеспособность:

$$Ктл_{скор} = \frac{(ДС - ТРв) + КФВ + СЗС + \\ + ГП + ТовО + КДЗ}{\sum Осрок - ТРв}; \quad (6)$$

$$СП_{скор} = \frac{\sum Осрок + ТРв}{\left(\frac{Выр}{n}\right)}, \quad (7)$$

где ДС – величина денежных средств; ТРв – величина возможных требований; КФВ – величина краткосрочных финансовых вложений; СЗС – величина сверхнормативных запасов сырья; ГП – величина готовой продукции; ТовО – величина товаров отгруженных; КДЗ – величина краткосрочной дебиторской задолженности; Осрок – величина обязательств, срок исполнения которых наступает; Выр – величина выручки; n – количество месяцев в периоде, за который рассчитывается доход.

Логика корректировки коэффициентов следующая: для коэффициента текущей ликвидности числитель (сокращается возможный объем денежных средств в счет погашения новых требований) и знаменатель (вычитается объем обязательств по новым возможным требованиям) уменьшаются на величину возможных требований (работает принцип двойной записи), поскольку оценивается платежеспособность после взыскания денежных средств в целях погашения возможных требований. Для степени платежеспособности, наоборот, увеличивается только числитель на величину возможных требований, потому что необходимо оценить возможность погашения нового объема обязательств при сохранении того же объема средней выручки (в противном случае объем текущих обязательств уменьшается на сумму возможных требований, а значения степени платежеспособности бы улучшились до критериев, свидетельствующих о платежеспособности).

Если по итогам расчета скорректированных значений коэффициентов платежеспособности устанавливается платежеспособность организации ($Ктл_{скор} \geq 1$ или $СП_{скор} < 3$), то угроза возникновения признаков банкротства отсутствует в случае взыскания денежных средств для исполнения возможных требований. В противном случае переходим к следующему этапу оценки угрозы банкротства организации.

На первом этапе оценки угрозы банкротства организации дополнительно необходимо определить стоимость активов, которые можно реализовать без ущерба для продолжения хозяйственной деятельности (см. таблицу) – резервы для восстановления платежеспособности организации. Также на этом этапе на основе ретроспективного и перспективного анализа определяем среднегодовой операционный доход, который может генерировать бизнес ($\overline{Дох}$), для оценки возможности восстановления платежеспособности организации в рамках реабилитационных процедур банкротства (3 этап оценки угрозы банкротства).

Таблица

Состав активов организации для расчета по обязательствам

Активы, участвующие в производственном процессе, при выбытии которых невозможна основная деятельность организации	Активы, которые могут быть реализованы для погашения обязательств без ущерба хозяйственной деятельности	Учет активов в составе коэффициентов платежеспособности		
		Коэффициент платежеспособности	Коэффициент текущей ликвидности	Коэффициент абсолютной ликвидности
Нематериальные активы	Та часть нематериальных активов, которые не участвуют в производственном процессе	+	–	–
Основные средства	Объекты непроизводственной сферы	+	–	–
	Законсервированные основные средства	+	–	–
	Не используемые в производственном процессе и не законсервированные основные средства	+	–	–
	Долгосрочные финансовые вложения	+	–	–
	Доходные вложения в материальные ценности	+	–	–
	Незавершенное строительство	+	–	–
	Долгосрочная дебиторская задолженность	+	–	–
Запасы	Сверхнормативные запасы сырья и материалов	+	+	–
	Готовая продукция и товары для перепродажи	+	+	–
	Товары отгруженные	+	+	–
	Краткосрочная дебиторская задолженность	+	+	–
	Краткосрочные финансовые вложения	+	+	+
	Денежные средства	+	+	+

2 этап. Оценка угрозы возбуждения дела о банкротстве организации. Цель этого этапа – определить угрозу возбуждения дела о банкротстве при возникновении признаков банкротства. В рамках законодательства о несостоятельности существуют основные условия возбуждения дела о банкротстве, при этом данному процессу предшествует ряд событий со стороны кредиторов, в т. ч. в рамках исполнительного производства, в результате которых возможны две альтернативы: либо дело о банкротстве возбуждается по заявлению кредиторов, если соблюдены условия такого возбуждения (в этом случае для оценки угрозы банкротства достаточно отследить выполнение указанных условий), либо у самого должника может возникнуть обязанность подачи заявления о банкротстве (в этом случае уже необходимо применять оценочный инструментарий, позволяющий определить факты возникновения обязанности должника подать заявление о своем банкротстве).

В российской правовой практике вторая альтернатива предусматривает два варианта механизма истребования задолженности кредиторами – через инструменты исполнительного производства или, минуя исполнительное производство, сразу обращаться к банкротным механизмам.

С помощью исполнительного производства кредиторы взыскивают задолженность вне рамок банкротного механизма. Так, в соответствии с законодательством об исполнительном производстве устанавливается очередность обращения взыскания на имущество организации-должника в случае недостаточности денежных средств для удовлетворения требований, указанных в исполнительном документе:

- первая очередь – на движимое имущество, непосредственно не участвующее в производстве, в т. ч. на ценные бумаги, предметы дизайна офисов, готовую продукцию (товары), драгоценные металлы и драгоценные камни, изделия из них, а также лом таких изделий;
- вторая очередь – на имущественные права, непосредственно не используемые в производстве;
- третья очередь – на недвижимое имущество, непосредственно не участвующее в производстве;

- четвертая очередь – на непосредственно используемые в производстве имущественные права и имущество (объекты недвижимого имущества производственного назначения, сырье и материалы, станки, оборудование и другие основные средства, в т. ч. ценные бумаги, составляющие инвестиционные резервы инвестиционного фонда).

С точки зрения экономики организации-должника обращение взыскания на имущество четвертой очереди в рамках исполнительного производства означает невозможность продолжения хозяйственной деятельности должника. Поскольку такая ситуация может нанести ущерб остальным кредиторам, законодательством о банкротстве устанавливается в этом случае обязанность должника подать заявление о своем банкротстве, чтобы обеспечить равномерное удовлетворение всех требований кредиторов.

Так, в соответствии со статьей 9 Федерального закона от 26.10.2002 № 127-ФЗ «О несостоятельности (банкротстве)», должник обязан подать заявление о своем банкротстве, если в т. ч. обращение взыскания на его имущество существенно осложнит или сделает невозможной его хозяйственную деятельность. Следовательно, в случае если сумма возможных требований превышает стоимость активов, не участвующих в производстве (то есть реализация указанных активов нанесет ущерб хозяйственной деятельности и приведет к ее приостановке) (ТРв > Ак, не уч.), у руководителя должника возникает обязанность подать заявление о банкротстве, поэтому существует угроза возбуждения дела о банкротстве.

Однако законодательством о банкротстве предусмотрена возможность не использовать кредиторами инструментов исполнительного производства. В этом случае у руководителя должника также существуют обязательства по подаче заявления о банкротстве организации при наступлении определенных событий, в частности если удовлетворение требований одного кредитора приведет к невозможности удовлетворения требований остальных кредиторов.

Оценить такую ситуацию можно на основе коэффициента платежеспособности (КП), отражающего способность организации погашать обязательства, срок исполнения которых наступает, за счет доходов от реализации всех активов без ущерба хозяйственной деятельности:

$$КП = \frac{\sum Ак, \text{ не уч.}}{\sum Осрок}, \quad (8)$$

где КП – коэффициент платежеспособности; ∑Ак, не уч. – стоимость активов, которые могут быть реализованы для погашения обязательств без ущерба хозяйственной деятельности; ∑Осрок – величина обязательств, срок исполнения которых наступает.

В состав таких активов входят не только часть оборотных средств, но и внеоборотных (см. таблицу). Частным случаем коэффициента платежеспособности являются коэффициенты абсолютной и текущей ликвидности.

Для оценки угрозы банкротства числитель и знаменатель коэффициента платежеспособности необходимо скорректировать на величину возможных требований (КПскор), чтобы провести анализ возможности исполнения должником оставшихся требований кредиторов:

$$КП_{скор} = \frac{\sum Ак, \text{ не уч.} - ТРв}{\sum Осрок - ТРв}. \quad (9)$$

Если значение скорректированной величины коэффициента платежеспособности окажется меньше единицы, то удовлетворение требований одного кредитора приведет к невозможности удовлетворения требований остальных кредиторов, поэтому у должника возникает обязанность подать заявление о своем банкротстве, следовательно, существует угроза возбуждения дела о банкротстве.

3 этап. Оценка угрозы ликвидации организации в конкурсном производстве. Методология оценки данного элемента угрозы банкротства организации основана на следующей предпосылке. Конкурсное производство открывается в отношении организации-должника, если отсутствуют возможности восстановления платежеспособности организации, в т. ч. в рамках реабилитационных процедур банкротства (финансовое оздоровление, внешнее управление, мировое соглашение).

Таким образом, необходимо оценить, существует ли возможность восстановить платежеспособность должника при условии продолжения его хозяйственной деятельности, для чего необходимо определить платежные резервы (стоимость активов, которые можно реализовать без ущерба хозяйственной деятельности – этот показатель авторы уже использовали не раз) и среднегодовой операционный доход, который может генерировать бизнес (в большинстве случаев определяется на основе ретроспективного анализа, но если есть прогнозные сведения о доходах бизнеса, то можно использовать указанные сведения). Сопоставление данных показателей с объемом обязательств организации позволяет определить средний срок, который требуется для восстановления платежеспособности за счет указанных источников погашения обязательств:

$$C = \frac{О - \sum Ак,\ не\ уч.}{\overline{Пр}}, \quad (10)$$

где О – величина всех обязательств организации; $\overline{Пр}$ – средняя величина прибыли за промежуток времени.

Отметим, что в составе обязательств в данном случае учитываются как долгосрочные, так и краткосрочные обязательства. Это обусловлено характеристикой процедур банкротства – в реестр требований кредиторов включаются все обязательства независимо от срока их исполнения (принцип соблюдения срока исполнения обязательств прекращает работать в рамках процедур банкротства).

Рассчитанный срок восстановления платежеспособности сопоставляется с нормативным предельным сроком реабилитационных процедур банкротства, установленным национальным законодательством о банкротстве. Так, в РФ максимальный совокупный срок реабилитационных процедур банкротства (финансового оздоровления и внешнего управления) не превышает двух лет.

Таким образом, если рассчитанный срок восстановления платежеспособности организации меньше предельного законодательного, то восстановление платежеспособности организации возможно в сроки, установленные законодательством, следовательно, целесообразен переход организации в реабилитационные процедуры банкротства и, значит, угрозы ликвидации организации в конкурсном производстве и в целом банкротства отсутствуют. В противном случае устанавливается риск угрозы банкротства организации.

Выводы. 1. Оценка угрозы банкротства промышленных организаций является востребованной на практике процедурой, поскольку необходима не только в случае уплаты налогов, но и для других целей (оценка вероятности расчета с кредиторами, права и обязанности подачи заявления о банкротстве). В России существуют методики оценки угрозы банкротства, которые имеют нормативный характер и ориентированы на анализ угрозы возникновения признаков банкротства. Однако данные методики имеют ряд недостатков, в результате чего существует необходимость формирования универсальной методики оценки угрозы банкротства организации.

2. Проведенное исследование показывает, что угрозу банкротства промышленной организации целесообразно трактовать как комплексное экономико-правовое состояние, возникающее на стыке неплатежеспособности и правовых предпосылок возбуждения дела о банкротстве. На этой основе разрабатывается трехэтапная методика диагностики угрозы банкротства, включающая оценку угрозы возникновения признаков банкротства через скорректированные показатели ликвидности; оценку угрозы возбуждения дела о банкротстве с учетом состава активов, которые могут быть реализованы без ущерба основной деятельности; оценку угрозы перехода к ликвидации (конкурсному производству) через сопоставление совокупных обязательств и стоимости активов.

3. Разработанная методика ориентируется на оценку угрозы банкротства организации как совокупности трех угроз с точки зрения временного аспекта, ориентируется на действующее законодательство и лишается недостатков, присущих действующей утвержденной методике.

4. Практическая ценность предложенного подхода заключается в повышении качества ранней диагностики: методика ориентирована на реальные ограничения национального законодательства и учитывает не только бухгалтерские обязательства, но и потенциальные требования кредиторов (исполнительные документы, возможные судебные взыскания, обязательные платежи). Это позволяет использовать результаты оценки, как для управленческих решений по финансовому оздоровлению, так и для обоснования правовой позиции руководителя при выборе антикризисных мер, включая возможность инициации добровольного банкротства организации.

Список литературы

1. *Кован С. Е.* Предупреждение банкротства организаций: монография. М.: ИНФРА-М. 2020. 219 с.

2. *Кован С. Е.* Теория антикризисного управления социально-экономическими системами (ресурсный подход): монография. М.: НИЦ ИНФРА-М. 2016. 160 с.

3. *Салахетдинова Г. А.* Теоретический обзор классических моделей прогнозирования банкротства предприятий // Образование. Наука. Научные кадры. 2021. № 3. С. 206–211.

4. *Чернова Е. В.* Современные модели оценки вероятности банкротства и их использование в аудите деятельности предприятий // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 9. № 3 (32).

5. *Min J. H., Jeong C.* A binary classification method for bankruptcy prediction // Expert Systems with Applications. 2009. Vol. 36. № 3. Pp. 5256–5263.

6. *Altman E. I.* Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy // The Journal of Finance. 1968. Vol. 23. № 4. Pp. 589–609.

7. *Ohlson J. A.* Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy // Journal of Accounting Research. 1980. Vol. 18. № 1. Pp. 109–131.

8. *Shumway T.* Forecasting bankruptcy more accurately: A simple hazard model // Journal of Business. 2001. Vol. 74. № 1. Pp. 101–124.

9. *Premachandra I. M., Bhabra G. S., Sueyoshi T.* DEA as a tool for bankruptcy assessment: A comparative study with logistic regression technique // European Journal of Operational Research. 2009. Vol. 193. № 2. Pp. 412–424.

10. *Desai V. S., Crook J. N., Overstreet G. A.* A comparison of neural networks and linear scoring models in the credit union environment // European Journal of Operational Research. 1996. Vol. 95. № 1. Pp. 24–37.

11. *Li H., Sun J., Sun B.-L.* Financial distress prediction based on OR-CBR in the principle of k-nearest neighbors // Expert Systems with Applications. 2009. Vol. 36. № 1. Pp. 643–659.

12. *Kumar P. R., Ravi V.* Bankruptcy prediction in banks and firms via statistical and intelligent techniques: A review // European Journal of Operational Research. 2007. Vol. 180. № 1. Pp. 1–28.

13. *Olson D. L., Delen D., Meng Y.* Comparative analysis of data mining methods for bankruptcy prediction // Decision Support Systems. 2012. Vol. 52. № 2. Pp. 464–473.

14. *Zhao J., Ouenniche J., De Smedt J.* Survey, classification and critical analysis of the literature on corporate bankruptcy and financial distress prediction // Machine Learning with Applications. 2024. Vol. 15. Art. 100527.

15 *Wang X. L., Brorsson M.* Augmenting bankruptcy prediction using reported behavior of corporate restructuring // Intelligent Computers, Algorithms, and Applications. 2024. Pp. 102–121.

16. *Стахеева Л. М., Печеркина Е. А., Царева С. В.* и др. Риск в предпринимательстве и угроза банкротства // Право и управление. 2023. № 11. С. 128–134.

17. *Song Y.* et al. ESG performance and financial distress prediction: Evidence from energy enterprises // Finance Research Letters. 2024. Vol. 60. Art. 105546.

18. *Papík M., Papíková M.* Bankruptcy prediction with low-quality financial information // Expert Systems with Applications. 2023. Vol. 214. Art. 119072.

19. *Nguyen T.* et al. The dynamic effects of debtor bankruptcy on unsecured credit // Journal of Financial Stability. 2024. Vol. 74. Art. 101352.

20. *Tabachová B.* et al. Supply chain network contagion and the risk of corporate bankruptcy // Journal of Financial Stability. 2024. Vol. 74. Art. 101336.

21. *Cho H. J., Shin D.* Feature-weighted counterfactual-based explanation for bankruptcy prediction // Expert Systems with Applications. 2023. Vol. 216. Art. 119390.

22. *Chen X. et al.* Bankruptcy prediction using the text-based communicative value of annual reports: A deep learning approach // Expert Systems with Applications. 2023. Vol. 228. Art. 120714

23. *Hajek P.* Interpretable text mining and financial ratios for early-warning signals of corporate financial distress // Information Processing & Management. 2024. Vol. 61. № 5. Art. 103690.

24. *Кочетков Е. П.* Трансформация антикризисного управления в условиях цифровой экономики. Обеспечение финансово-экономической устойчивости высокотехнологичного бизнеса: монография. М.: Проспект. 2023. 328 с.

25. *Кочетков Е. П.* Платежеспособность юридических и физических лиц: экономическое и правовое содержание в контексте процедур банкротства (методология анализа) // Микроэкономика. 2017. № 6. С. 36–50.

References

1. Kovan S. E. *Preduprezhdenie bankrotstva organizacij* [Preventing Organizational Bankruptcy: monograph]. Moscow, INFRA-M, 2020, 219 p.

2. Kovan S. E. *Teoriya antikrizisnogo upravleniya social'no-ekonomicheskimi sistemami (resursnyj podhod)* [Theory of Anti-Crisis Management of Socio-Economic Systems (Resource Approach): monograph]. Moscow, NITs INFRA-M, 2016, 160 p.

3. Salakhetdinova G. A. Theoretical review of classical models for forecasting enterprise bankruptcy. *Education. Science. Scientific personnel*, 2021, no. 3, pp. 206–211.

4. Chernova E. V. Modern models for assessing bankruptcy probability and their use in auditing enterprises. *Azimuth of Scientific Researches: Economics and Administration*, 2020, vol. 9, no. 3 (32).

5. Min J. H., Jeong C. A binary classification method for bankruptcy prediction. *Expert Systems with Applications*, 2009, vol. 36, no. 3, pp. 5256–5263.

6. Altman E. I. Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The Journal of Finance*, 1968, vol. 23, no. 4, pp. 589–609.

7. Ohlson J. A. Financial ratios and the probabilistic prediction of bankruptcy. *Journal of Accounting Research*, 1980, vol. 18, no. 1, pp. 109–131.

8. Shumway T. Forecasting bankruptcy more accurately: A simple hazard model. *Journal of Business*, 2001, vol. 74, no. 1, pp. 101–124.

9. Premachandra I. M., Bhabra G. S., Sueyoshi T. DEA as a tool for bankruptcy assessment: A comparative study with logistic regression technique. *European Journal of Operational Research*, 2009, vol. 193, no. 2, pp. 412–424.

10. Desai V. S., Crook J. N., Overstreet G. A. A comparison of neural networks and linear scoring models in the credit union environment. *European Journal of Operational Research*, 1996, vol. 95, no. 1, pp. 24–37.

11. Li H., Sun J., Sun B.-L. Financial distress prediction based on OR-CBR in the principle of k-nearest neighbors. *Expert Systems with Applications*, 2009, vol. 36, no. 1, pp. 643–659.

12. Kumar P. R., Ravi V. Bankruptcy prediction in banks and firms via statistical and intelligent techniques: A review. *European Journal of Operational Research*, 2007, vol. 180, no. 1, pp. 1–28

13. Olson D. L., Delen D., Meng Y. Comparative analysis of data mining methods for bankruptcy prediction. *Decision Support Systems*, 2012, vol. 52, no. 2, pp. 464–473.

14. Zhao J., Ouenniche J., De Smedt J. Survey, classification and critical analysis of the literature on corporate bankruptcy and financial distress prediction. *Machine Learning with Applications*, 2024, vol. 15, art. 100527.

15. Wang X. L., Brorsson M. Augmenting bankruptcy prediction using reported behavior of corporate restructuring. *Intelligent Computers, Algorithms, and Applications*, 2024, Pp. 102–121.

16. Stakheeva L. M., Pecherkina E. A., Tsareva S. V. et al. Risk in entrepreneurship and threat of bankruptcy. *Law and management*, 2023, no. 11, pp. 128–134.

17. Song Y. et al. ESG performance and financial distress prediction: Evidence from energy enterprises. *Finance Research Letters,* 2024, vol. 60, art. 105546.

18. Papík M., Papíková M. Bankruptcy prediction with low-quality financial information. *Expert Systems with Applications*, 2023, vol. 214, art. 119072.

19. Nguyen T. et al. The dynamic effects of debtor bankruptcy on unsecured credit. *Journal of Financial Stability*, 2024, vol. 74, art. 101352.

20. Tabachová B. et al. Supply chain network contagion and the risk of corporate bankruptcy. *Journal of Financial Stability*, 2024, vol. 74, art. 101336.

21. Cho H. J., Shin D. Feature-weighted counterfactual-based explanation for bankruptcy prediction. *Expert Systems with Applications*, 2023, vol. 216, art. 119390.

22. Chen X. et al. Bankruptcy prediction using the text-based communicative value of annual reports: A deep learning approach. *Expert Systems with Applications*, 2023, vol. 228, art. 120714.

23. Hajek P. Interpretable text mining and financial ratios for early-warning signals of corporate financial distress. *Information Processing & Management*, 2024, vol. 61, no. 5, art. 103690.

24. Kochetkov E. P. *Transformaciya antikrizisnogo upravleniya v usloviyah cifrovoj ekonomiki. Obespechenie finansovo-ekonomicheskoj ustojchivosti vysokotekhnologichnogo biznesa* [Transformation of anti-crisis management in the digital economy. Ensuring financial and economic sustainability of high-tech business: monograph]. Moscow, Prospekt, 2023, 328 p.

25. Kochetkov E. P. Solvency of legal entities and individuals: economic and legal content in the context of bankruptcy procedures (analysis methodology). *Microeconomics*, 2017, no. 6, pp. 36–50.

УДК 338.246

С. Г. ЕРЕМИН, д-р юр. наук (Финансовый университета при Правительстве РФ, г. Москва); И. В. БАБЫНА, канд. экономич. наук (Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь)

E-mail: SGEremin@fa.ru

S. G. Eremin (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow); I. V. Babyna (Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus)

Оценка влияния субсидий налоговых стимулов и регуляторных режимов на инвестиции в основные фонды и перезагрузку промышленного роста

Assessment of the impact of subsidies, tax incentives, and regulatory regimes on fixed capital investment and the reboot of industrial growth

Статья посвящается количественной оценке воздействия совокупности инструментов государственной поддержки – субсидий, налоговых стимулов и специальных регуляторных режимов – на инвестиции в основные фонды и устойчивость промышленного роста в условиях повышенной макроэкономической и институциональной неопределенности и необходимости обеспечения экономической безопасности в инвестиционной сфере. На основе деперсонализированных микроданных финансовой отчетности 14 580 промышленных предприятий за 2016–2023 гг., объединенных с реестрами получателей поддержки, строится панель фирм различных отраслей и размеров, дополняемая макроэкономическими индикаторами. Методология включает модели панельных данных с фиксированными эффектами, Difference-in-Differences с формированием сопоставимой контрольной группы методом Propensity Score Matching, динамические модели с применением GMM, элементы машинного обучения для выявления нелинейностей и кластеризации инвестиционного поведения, а также DCF-анализ с учетом реальных опционов и межотраслевые таблицы «затраты–выпуск» для оценки мультипликативных эффектов. Получаемые результаты демонстрируют значимую, но неоднородную по секторам и фазам цикла эластичность инвестиций по эффективной налоговой ставке; максимальная чувствительность фиксируется в высокотехнологичных отраслях, тогда как сырьевые и капиталоемкие сектора в большей степени реагируют на снижение стоимости заемного капитала. Показывается, что компенсация процентной ставки формирует наи-

высший инвестиционный мультипликатор и низкую долю дефолтных проектов, тогда как прямые гранты сопровождаются меньшим объемом crowd-in и более высоким риском морального вреда; субсидии на НИОКР обладают «венчурным» профилем с высокой дисперсией результатов. Специальные регуляторные режимы (ТОР, индустриальные парки, специнвестконтракты) существенно сокращают предынвестиционную фазу, повышают IRR и ускоряют окупаемость проектов, при этом синергия одновременного применения налоговых и регуляторных стимулов превышает простую сумму частных эффектов. Обсуждение подчеркивает существование порогов налогового стимулирования, после которых льготы трансформируются в рост дивидендов, а также приоритет предсказуемости правил и скорости процедур над глубиной фискальных послаблений, что обосновывает переход к дифференцированным, результат-ориентированным режимам промышленной поддержки.

The article is devoted to the quantitative assessment of the impact of a set of government support instruments – subsidies, tax incentives and special regulatory regimes – on fixed capital investment and the sustainability of industrial growth under conditions of heightened macroeconomic and institutional uncertainty and the need to ensure economic security in the investment sector. Based on depersonalized microdata from the financial statements of 14,580 industrial enterprises for 2016–2023, merged with registries of support recipients, a panel of firms of various industries and sizes is constructed and complemented with macroeconomic indicators. The methodology includes fixed-effects panel data models, difference-in-differences with the construction of a comparable control group using the propensity score matching method, dynamic models applying the GMM approach, machine learning elements for detecting nonlinearities and clustering investment behavior, as well as DCF analysis incorporating real options and input–output tables for evaluating multiplier effects. The obtained results demonstrate significant, though heterogeneous across sectors and business cycle phases, elasticity of investment with respect to the effective tax rate; the highest sensitivity is observed in high-tech industries, whereas resource-based and capital-intensive sectors respond more strongly to a decrease in the cost of borrowed capital. It is shown that interest rate compensation yields the highest investment multiplier and a low share of default projects, while direct grants are associated with a smaller crowd-in effect and a higher risk of moral hazard; R&D subsidies exhibit a «venture» profile with high variance of outcomes. Special regulatory regimes (territories of advanced development, industrial parks, special investment contracts) substantially shorten the pre-investment phase, increase the IRR and accelerate project payback, while the synergy of simultaneous application of tax and regulatory incentives exceeds the simple sum of their individual effects. The discussion emphasizes the existence of thresholds in tax incentives, beyond which benefits translate into dividend growth, as well as the greater importance of predictability of rules and speed of procedures over the depth of fiscal reliefs, which justifies the transition toward differentiated, results-oriented industrial support regimes.

Ключевые слова: субсидии; налоговые стимулы; регуляторные режимы; инвестиции в основной капитал; промышленный рост.

Keywords: subsidies; tax incentives; regulatory regimes; fixed capital investment; industrial growth.

Современная глобальная экономическая конъюнктура характеризуется беспрецедентной волатильностью и структурными дисбалансами, которые оказывают непосредственное давление на инвестиционную активность в реальном секторе. Проблема обновления основных фондов, являющаяся краеугольным камнем промышленного роста, в последние годы приобретает особую остроту на фоне разрыва традиционных цепочек создания стоимости и ужесточения монетарной политики центральными банками. Согласно актуальным макроэкономическим данным, темпы прироста валового накопления основного капитала в развивающихся экономиках замедлились до критических значений в 2,1–2,4 % в годовом исчислении, что существенно ниже уровня, необходимого для простого воспроизводства технической базы [1]. Для РФ данная проблема также является актуальной (см. табл. 1).

Из данных Росстата следует, что за последние 5 лет в среднем прирост валового накопления составляет 5,2 % в годовом исчислении, что выше, чем в среднем в развивающихся экономиках, однако динамика данного показателя является неустойчивой, имеет достаточно значительную вариацию по годам (от минус 4 % в 2020 г. до 9,3 % в 2021 г.), характеризуется замедлением темпов роста в последние годы, что говорит о высоком уровне неопределенности, наличии как внутренних, так и внешних рисков, влияющих на

Таблица 1

Динамика валового накопления и инвестиций в основной капитал в Российской Федерации в 2020-2024 годах

Показатели	2020	2021	2022	2023	2024	Среднегодовой темп роста, %
Валовой внутренний продукт, в процентах к предыдущему году	97,3	105,9	98,6	104,1	104,3	101,98
Валовое накопление основного капитала, в процентах к предыдущему году	96	109,3	107,4	107,8	106	105,19
Инвестиции в основной капитал, в процентах к предыдущему году	99,9	108,6	106,7	109,8	107,4	106,42
Доля валового накопления в ВВП, %	23,4	22,8	23	27,4	26,6	*x*
Доля инвестиций в основной капитал в ВВП, %	21,5	19,2	20,3	22	22,3	*x*

экономическую ситуацию, неспособности рыночных механизмов урегулировать ее. Вместе с тем, следует констатировать, что доля валового накопления в ВВП в целом за анализируемый период выросла на 3,2 п.п. и составляет в 2024 г. 26,6 %, однако это не приводит к соответствующему росту уровня инвестиционной активности в экономике. Так, при среднегодовых темпах прироста инвестиций в основной капитал 6,42 % их доля в ВВП возрастает только на 0,8 п.п. и составляет 21,5 %. Дополнительно следует констатировать, что качество инвестиций с точки зрения формирования валовой добавленной стоимости остается недостаточно высоким, о чем свидетельствуют среднегодовые темпы прироста ВВП в пределах 2 % в год (без учета временного лага) и относительно невысокие мультипликационные эффекты.

Этот инвестиционный разрыв формирует угрозу долгосрочной стагнации и потери технологического суверенитета, вынуждая государственные институты пересматривать архитектуру фискальных и регуляторных стимулов. Экономическая теория и эмпирические наблюдения свидетельствуют о том, что чисто рыночные механизмы в условиях высокой неопределенности не способны обеспечить оптимальную аллокацию капитала в длинные инфраструктурные и производственные проекты. В связи с этим возникает необходимость калибровки инструментов государственной поддержки, где на первый план выходят не прямые бюджетные вливания, а сложные механизмы налогового стимулирования и регуляторной разгрузки [2].

Анализ текущей статистики показывает, что эластичность инвестиций по процентной ставке существенно снизилась, уступив место чувствительности к регуляторным рискам и фискальной предсказуемости. Если в период «дешевых денег» снижение ключевой ставки на 1 п. п. приводит к росту капитальных вложений на 0,4–0,6 %, то сегодня этот мультипликатор упал до 0,15–0,2 %, что делает монетарные стимулы менее эффективными по сравнению с фискальными. В частности, введение механизмов ускоренной амортизации и инвестиционных налоговых вычетов в ряде юрисдикций продемонстрировало способность генерировать прирост *CAPEX* на уровне 1,8 руб. на каждый рубль выпадающих доходов бюджета [3]. Однако эффективность данных мер крайне неоднородна и зависит от отраслевой специфики, уровня долговой нагрузки предприятий и горизонта планирования. Существующие модели оценки часто игнорируют лаговые эффекты и нелинейность зависимости между объемом преференций и реальным выпуском продукции, что приводит к ошибочным управленческим решениям и неэффективному расходованию бюджетных средств. Проблема усугубляется отсутствием единой методологии оценки регуляторного воздействия, которая позволяет монетизировать издержки бизнеса, связанные с соблюдением обязательных требований и административными барьерами [4].

Особое внимание следует уделить структурной трансформации источников финансирования инвестиций, которые претерпевают существенные изменения. Доля собственных средств предприятий в структуре источников финансирования основного капитала остается доминирующей, достигая в 2022–2024 гг. 53,1–55,4 % (справочно: в 2020 г. – 47,5 %), в то время как банковское кредитование обеспечивает в этот же период лишь 9,9–12,3 % потребностей (справочно: в 2020 г. – 2,9 %), что по-прежнему свидетельствует о дисфункции трансмиссионного механизма. На фоне роста доли вышеназванных источников, доля бюджетных средств в финансировании инвестиций в основной капитал сокращается с 22 % в 2020 г. до 16,7 % в 2024 г. Таким образом, происходит частичное замещение бюджетных государственных инвестиций частными, однако, как отмечается ранее, оно не достаточное, поскольку уровень инвестиционной активности растет незначительно. Само бюджетное финансирование не является однородным и имеет разные механизмы влияния на экономическое развитие. Государственные субсидии, хотя и занимают небольшую долю в общем объеме

инвестиций (около 3–4 %), играют критическую роль катализатора в стратегически важных отраслях, таких как микроэлектроника и станкостроение. Тем не менее анализ эффективности субсидиарной поддержки выявляет высокий процент так называемых безвозвратных потерь, когда бюджетные средства замещают частные инвестиции, которые были бы осуществлены и без участия государства. Этот эффект вытеснения оценивается некоторыми экспертами в диапазоне от 20 до 35 % от общего объема выделяемых средств, что требует пересмотра критериев администрирования помощи [5]. Важно также отметить, что регуляторные режимы, такие как специальные инвестиционные контракты или соглашения о защите и поощрении капиталовложений, создают «тепличные» условия для отдельных игроков, что может искажать конкурентную среду и вести к монополизации рынков.

Инновационная активность, тесно связанная с обновлением основных фондов, также демонстрирует тревожную динамику: коэффициент обновления основных фондов стагнирует на уровне 3,9–4,6 %, тогда как для технологического прорыва необходим показатель не менее 7–8 %. Такая тенденция приводит к нарастанию уровня износа основных фондов с 39 % в 2020 г. до 42,3 % в 2024 г. и усугубляет отставание в технологическом плане. Следует отметить, что на предприятиях осознается необходимость замены изношенной техники и технологий, о чем высказались 70 % респондентов выборочных обследований инвестиционной активности организаций, указывая основную цель инвестирования в основной капитал, но только 32 % ассоциируют это обновление с внедрением новых производственных технологий, 26 % – с расширением номенклатуры выпускаемой продукции за счет увеличения производственных мощностей.

Это свидетельствует о том, что существующие налоговые стимулы, направленные на НИОКР, не достигают своей цели, либо из-за сложности администрирования, либо из-за недостаточной глубины льгот. Статистика показывает, что лишь 12 % промышленных предприятий пользуются полным спектром доступных налоговых преференций, ссылаясь на высокие бюрократические издержки и риски доначислений при налоговых проверках [6]. Таким образом, авторы наблюдают парадокс: при наличии широкого меню инструментов поддержки, реальная инвестиционная активность остается подавленной. Вместе с тем, достаточные и эффективные инвестиции являются залогом обеспечения экономической безопасности, что следует из принятой еще в 2017 г. Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 г. В частности, среди 40 индикаторов экономической безопасности ряд из них относятся к обеспечению безопасности в инвестиционной сфере, включая долю инвестиций в основной капитал в ВВП, степень износа основных средств, долю инвестиций в машины, оборудование в общем объеме инвестиций в основной капитал, чистый ввоз (вывоз) капитала. К сожалению, в настоящее время законодательно не утверждены пороговые значения данных индикаторов, что затрудняет их эффективное использование в системе государственного управления. В частности, В.К. Сенчагов отмечает, что «пороговые значения – важный инструмент системного анализа, прогнозирования и индикативного социально-экономического планирования… Теория безопасности имеет практическое значение, только если она органически включает теорию предельных значений объекта».

На сегодняшний день точки зрения ученых относительно уровней пороговых значений индикаторов экономической безопасности и методов их определения существенно различаются. Например, исходя из результатов исследований ряда ученых Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, пороговые значения для показателей «доля инвестиций в основной капитал в ВВП» – более 40 %, «степень износа основных фондов» – не менее 35 % [7].

Следовательно, текущее состояние инвестиционных процессов представляет угрозу для дальнейшего развития экономики и обеспечения ее экономического и промышленного роста в современных условиях и требует трансформации в применяемых инструментах государственного регулирования.

С точки зрения макроэкономического баланса, стимулирование инвестиций должно быть синхронизировано с мерами по поддержанию совокупного спроса. Инвестиции в основные фонды создают предложение, но без соответствующего спроса они омертвляются, превращаясь в невозвратные затраты. Текущие данные указывают на снижение рентабельности активов (*ROA*) в обрабатывающей промышленности на 1,2 п. п. за последний отчетный период, что снижает привлекательность реинвестирования прибыли [8]. В этих условиях государственная политика должна трансформироваться от точечной поддержки проектов к созданию предсказуемой экосистемы, где налоговые и регуляторные условия гарантированы на весь жизненный цикл инвестиционного проекта. Вопросы гармонизации фискальной и промышленной политики становятся ключевыми для перезапуска экономического роста.

Влияние регуляторных режимов на инвестиционные решения часто недооценивается в количественных моделях. Однако опросы топ-менеджмента круп-

нейших промышленных холдингов показывают, что нестабильность правил игры входит в тройку главных барьеров для инвестиций, опережая даже высокие процентные ставки и дефицит кадров. Индекс регуляторной неопределенности коррелирует с оттоком капитала с коэффициентом 0,78, что подтверждает гипотезу о примате институциональных факторов над чисто финансовыми [9]. Без решения проблемы доверия между государством и бизнесом любые налоговые маневры и субсидиарные программы будут иметь лишь краткосрочный и ограниченный эффект.

Материалы и методы исследования

Эмпирическую основу данного исследования составляют деперсонализированные микроданные финансовой отчетности 14 580 промышленных предприятий, охватывающие временной интервал с 2016 по 2023 гг. Выборка формируется на основе базы данных Федеральной налоговой службы, дополненной сведениями из реестров получателей государственной поддержки Министерства промышленности и торговли. Такой подход позволяет обеспечить репрезентативность данных как по отраслевому, так и по региональному признаку, включая в анализ предприятия малого, среднего и крупного бизнеса. Для исключения влияния эффекта масштаба и обеспечения сопоставимости показателей данные нормируются на величину активов и выручки соответствующих субъектов. В качестве контрольных переменных используются макроэкономические показатели Росстата и Центрального банка, такие как индекс потребительских цен, ключевая ставка и дефлятор ВВП по видам экономической деятельности.

Методологический аппарат исследования базируется на применении эконометрических методов анализа панельных данных с использованием моделей с фиксированными эффектами для устранения смещения, вызванного ненаблюдаемыми характеристиками отдельных фирм. Для оценки каузального влияния мер государственной поддержки применяется метод «разность разностей» (*Difference-in-Differences, DiD*), позволяющий сравнить динамику инвестиций в группе предприятий, получающих поддержку (экспериментальная группа), с динамикой аналогичных предприятий, не получающих таковую (контрольная группа). Формирование контрольной группы осуществляется методом псевдорандомизации (*Propensity Score Matching*) на основе логистической регрессии, оценивающей вероятность получения поддержки в зависимости от финансовых и операционных характеристик предприятия [10]. Это позволяет минимизировать ошибку выборки и повысить достоверность полученных оценок.

Для анализа влияния налоговых стимулов строится модель, оценивающая чувствительность инвестиций к изменению эффективной налоговой ставки (*Effective Tax Rate, ETR*). Расчет *ETR* производился как отношение суммы начисленного налога на прибыль к прибыли до налогообложения с корректировкой на отложенные налоговые обязательства и активы. Регуляторная нагрузка оценивается через прокси-переменные, отражающие количество проверок, объем обязательной отчетности и затраты на комплаенс, получаемые в результате агрегации данных единого реестра проверок и опросов деловых объединений. В общей сложности в модели задействуется 42 независимые переменные [11].

В процессе обработки данных применяются алгоритмы машинного обучения для выявления нелинейных зависимостей и кластеризации предприятий по типу инвестиционного поведения. Используются методы градиентного бустинга для определения значимости факторов, влияющих на принятие решения о запуске новых инвестиционных проектов. Особое внимание уделяется проверке данных на стационарность и наличие коинтеграции, для чего проводились тесты Дики-Фуллера и Йохансена. Для устранения проблем эндогенности и автокорреляции остатков применяется обобщенный метод моментов (*GMM*) в динамической спецификации [12]. Весь массив данных проходил процедуру очистки от выбросов (винзорирование на уровне 1-го и 99-го перцентилей) для исключения влияния аномальных наблюдений.

Финансовый анализ эффективности инвестиционных проектов проводится с использованием модифицированной методики дисконтированных денежных потоков (*DCF*), учитывающей реальные опционы (*Real Options Analysis*). Это позволяет количественно оценить ценность управленческой гибкости в условиях регуляторной нестабильности. Для оценки мультипликативных эффектов используются таблицы «затраты-выпуск», позволяющие проследить влияние инвестиционного импульса на смежные отрасли. Расчеты производятся в специализированных статистических пакетах, обеспечивающих высокую точность и воспроизводимость результатов [13].

Исследование взаимосвязи между инструментами государственного стимулирования и динамикой капитальных вложений требует детального рассмотрения структуры реакции бизнеса на различные типы воздействий. В ходе анализа выявляется, что чувствительность инвестиционных решений к налоговым льготам и прямым субсидиям существенно различается в зависимости от фазы экономического цикла и финансового состояния предприятия. Авторы фокусируются на трех ключевых метриках: эластичность *CAPEX* по эффективной налоговой

ставке, мультипликатор частных инвестиций на рубль субсидии и коэффициент регуляторного трения, отражающий временные и финансовые потери на административные процедуры.

Для первой части анализа авторы группируют предприятия по отраслевому признаку, выделяя высокотехнологичный сектор, традиционную обрабатывающую промышленность и сырьевой сектор. Это разделение необходимо, так как структура капитала и маржинальность в этих группах кардинально отличаются, что влияет на восприятие налоговых стимулов. В табл. 2 представлены данные, отражающие зависимость прироста инвестиций от снижения налоговой нагрузки, рассчитанные на основе регрессионной модели с лагом в один год, так как инвестиционные решения имеют инерционную природу.

Математический анализ данных, представленных во второй таблице, демонстрирует ярко выраженную обратную нелинейную зависимость между налоговой нагрузкой и инвестиционной активностью, что подтверждается отрицательными значениями коэффициентов эластичности. Наибольшая чувствительность наблюдается в высокотехнологичном секторе (коэффициент –1,42), что означает, что снижение эффективной налоговой ставки на 1 % приводит к росту инвестиций на 1,42 %. Это объясняется высокой долей добавленной стоимости и мобильностью капитала в данной отрасли. В то же время сырьевой сектор демонстрирует низкую эластичность (–0,31), указывая на то, что инвестиционные решения здесь диктуются глобальными ценами на сырье, а не налоговыми условиями. Анализ производной функции инвестиций показывает, что предельная эффективность налоговых льгот начинает снижаться при достижении *ETR* уровня 10–12 %, после чего дальнейшее снижение ставки не дает значимого прироста *CAPEX*, уходя в чистое увеличение дивидендных выплат. Высокое значение *R*-квадрата для технологического сектора (0,784) подтверждает надежность выявленной зависимости, тогда как в сырьевом секторе значительная доля дисперсии объясняется факторами, не включенными в налоговую модель.

Далее необходимо оценить эффективность прямых субсидий и их способность генерировать частные инвестиции. В экономической литературе этот феномен известен как эффект «рычага» или *crowd-in effect*. Авторы анализируют данные по 450 инвестиционным проектам, получившим государственное финансирование, разделяя их по типу поддержки: компенсация процентной ставки, прямые капитальные гранты и субсидии на НИОКР. Важно определять, какой объем частных средств привлекает каждый рубль государственной поддержки [14].

Табл. 3 представляет расчетные показатели мультипликаторов и финансовой устойчивости проектов. Данные усреднены по выборке и очищены от инфляционной составляющей.

Анализ числовых рядов второй таблицы выявляет существенные различия в эффективности инструментов. Механизм компенсации процентной ставки демонстрирует наивысший мультипликатор (3,82), что объясняется тем, что государство покрывает лишь стоимость риска и времени, стимулируя банк и инвестора вкладывать основное тело кредита. Это наиболее эффективный способ использования бюджетных средств с точки зрения объема иницииро-

Таблица 2

Эластичность инвестиций в основной капитал по эффективной налоговой ставке (*ETR*)

Отраслевой кластер	Средняя *ETR*, %	Прирост *CAPEX*, %	Коэффициент эластичности	Инвестиционный лаг, мес.	*R*-квадрат модели
Высокие технологии	14,23	8,76	–1,42	14,5	0,784
Обрабатывающая промышленность	18,56	4,12	–0,68	26,2	0,652
Сырьевой сектор	22,14	2,89	–0,31	38,4	0,511
Агропромышленный комплекс	6,87	5,34	–0,94	18,1	0,703
Строительство	19,45	3,21	–0,55	22,8	0,615

Таблица 3

Сравнительная эффективность инструментов субсидиарной поддержки

Тип инструмента поддержки	Объем госсубсидий, млн руб.	Привлеченные частные инвестиции, млн руб.	Инвестиционный мультипликатор	Доля дефолтных проектов, %	*NPV* на 1 руб. субсидии
Компенсация % ставки	154,23	589,45	3,82	4,12	2,87
Прямые капитальные гранты	89,67	134,51	1,50	12,84	1,15
Субсидии на НИОКР	45,32	78,41	1,73	24,56	3,42
Инфраструктурные субсидии	212,89	345,92	1,62	2,15	1,98

ванных инвестиций. Прямые гранты имеют низкий мультипликатор (1,50) и высокий уровень дефолтности (12,84 %), что свидетельствует о рисках морального риска (*moral hazard*), когда инвестор менее ответственно подходит к проекту, финансируемому «бесплатными» деньгами. Интересен феномен субсидий на НИОКР: несмотря на высокий риск (24,56 % дефолтов) и умеренный мультипликатор, они показывают самый высокий *NPV* на 1 руб. субсидии (3,42) в успешных проектах. Это говорит о «венчурном» характере такой поддержки, где несколько «единорогов» окупают потери по множеству неудачных проектов. Статистическое распределение доходности здесь имеет «тяжелые хвосты», что требует специфических методов оценки портфельной эффективности со стороны государства [15].

Третий аспект исследования касается регуляторных режимов и их влияния на скорость реализации проектов. Время – это деньги, и затяжные процедуры согласования снижают чистую приведенную стоимость (*NPV*) проектов. Авторы сравнивают показатели проектов, реализуемых в рамках общих режимов, и проектов в специальных административных районах (*CAP*) или территориях опережающего развития (*TOP*). Оценка проводится через расчет внутренней нормы доходности (*IRR*) с учетом и без учета регуляторных задержек.

В табл. 4 приводятся данные по влиянию регуляторного режима на финансовые показатели проектов. Срок выхода на окупаемость рассчитан с момента принятия инвестиционного решения.

Обработка данных четвертой таблицы показывает, что сокращение предынвестиционной фазы оказывает критическое влияние на доходность. В индустриальных парках, где срок запуска минимален (6,78 мес.), *IRR* достигает 21,12 %, что на 6,89 процентных пункта выше общего режима. Математическое моделирование показывает, что каждый месяц задержки на этапе запуска снижает *IRR* проекта в среднем на 0,3–0,4 п. п. из-за фактора дисконтирования и инфляции инвестиционных затрат. Разница в сроках окупаемости между общим режимом и *TOP* составляет 2,52 г., что существенно меняет профиль риска проекта для банковского финансирования. Экономия на административных издержках (до 6,12 % от *CAPEX*) является значимой, но вторичной по сравнению с выигрышем во времени. Корреляционный анализ подтверждает, что фактор времени имеет более сильную связь с успешностью проекта (коэффициент 0,82), чем прямая экономия на налогах (коэффициент 0,65).

Для комплексной оценки всех факторов авторы проводят многофакторный анализ, объединив данные всех таблиц. Выявляется, что синергетический эффект от одновременного применения налоговых льгот и регуляторных упрощений превышает простую сумму эффектов (супераддитивность). Функция инвестиционного отклика представляет собой поверхность сложной кривизны, где существуют локальные максимумы эффективности. Расчет градиента этой функции показывает, что для малого бизнеса наиболее значимым вектором является снижение административных барьеров, тогда как для крупного бизнеса – стабильность налогового режима и компенсация процентных ставок [16].

Интересным наблюдением является изменение чувствительности показателей во времени. Анализ вторых производных динамических рядов показывает ускорение реакции бизнеса на регуляторные стимулы в последние два года, что можно интерпретировать как адаптацию менеджмента к новым условиям и повышение качества корпоративного управления. Однако дисперсия результатов остается высокой, что указывает на неравномерность доступа к мерам поддержки. Коэффициент вариации *IRR* в группе с господдержкой составляет 0,45, что свидетельствует о наличии как сверхэффективных, так и провальных кейсов, требующих детального аудита.

Также стоит отметить, что налоговые стимулы имеют точку насыщения. При снижении эффективной ставки ниже определенного уровня (около 5–7 %) дальнейшее стимулирование перестает влиять на объем реальных инвестиций в основные фонды и начинает перетекать в финансовые спекуляции или накопление кэша. Это подтверждается анализом остатков на счетах предприятий: в периоды максимальных льгот корреляция между чистой прибылью и *CAPEX* ослабевает. Это фундаментальный вывод для дизайна фискальной политики: глубина льгот

Таблица 4

Влияние регуляторных режимов на финансовые параметры проектов

Регуляторный режим	Срок предынвестиционной фазы, мес.	Средняя *IRR* проекта, %	Срок окупаемости (*DPP*), лет	Экономия на админ. издержках, % от *CAPEX*
Общий режим	18,45	14,23	7,84	0
Территория опережающего развития	9,12	19,87	5,32	4,56
Специальный инвест. контракт	12,34	17,54	6,15	2,89
Индустриальный парк	6,78	21,12	4,98	6,12

должна быть ограничена способностью экономики переварить инвестиции.

Выводы. 1. Количественный анализ подтверждает, что в современных условиях доминантой инвестиционной привлекательности является не столько номинальный уровень фискальной нагрузки, сколько предсказуемость регуляторной среды и скорость административных процедур. Сокращение времени предынвестиционной фазы дает больший прирост внутренней нормы доходности проектов, чем прямые налоговые послабления, что диктует необходимость смещения фокуса с раздачи льгот на оптимизацию процессов взаимодействия государства и бизнеса (клиентоцентричность госуправления) [17, 18].

2. Выявленная неоднородность реакции различных отраслей на меры поддержки указывает на неэффективность унифицированных подходов. Высокотехнологичные сектора демонстрируют высокую эластичность по налогам, требуя фискальных маневров, в то время как капиталоемкие отрасли традиционной промышленности лучше реагируют на инструменты снижения стоимости заемного финансирования (субсидирование процентных ставок) [19]. Инструменты прямой грантовой поддержки показывают наименьшую эффективность с точки зрения мультипликатора частных инвестиций и несут высокие риски искажения рыночной мотивации, поэтому их применение должно быть ограничено узким кругом стратегических проектов с высоким уровнем экстерналий, где рыночные механизмы заведомо не работают.

3. Перспективы применения полученных результатов лежат в плоскости перехода от «коврового» стимулирования к смарт-контрактам между государством и инвестором, где объем льгот динамически привязан к достижению конкретных показателей эффективности (производительность труда, экспортный потенциал, экологические стандарты). Будущее промышленного роста зависит от способности регулятора создать адаптивную экосистему, где меры поддержки синхронизированы с инвестиционными циклами и не создают рыночных диспропорций. Внедрение цифровых платформ для администрирования инвестпроектов и алгоритмический мониторинг их реализации позволяют минимизировать транзакционные издержки и повысить прозрачность аллокации государственных ресурсов, обеспечивая перезагрузку экономического роста на качественно новой технологической основе.

Список литературы

1. *Павлова И. Н., Голаков А. А.* СПИК: результаты применения и тенденции совершенствования // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. 2024. Т. 10. № 3 (39). С. 188–206.

2. *Гираев В. К.* Методы прямого государственного влияния на воспроизводственные процессы: практика и направления совершенствования // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024. № 5. С. 238–242.

3. *Богачёв С. В., Вишневский В. П.* Налоговое стимулирование экономического роста в России: анализ с позиций налоговой динамичности // Terra Economicus. 2024. Т. 22. № 2. С. 22–38.

4. *Батрукова Н. М.* Налоговые стимулы в системе мер государственной поддержки развития промышленности // Вестник Академии знаний. 2023. № 2 (55). С. 295–299.

5. *Салтанова А. Г.* Экономическая сущность воспроизводства инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе (АПК) Южного федерального округа (ЮФО) // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Т. 14. № 7-1. С. 420–428.

6. *Аджиева А. Ю., Аджиев Д. О., Бобрышева В. Е., Киракосян В. Г.* Оценка влияния инвестиций в основной капитал на экономическое развитие Российской Федерации // Учет и контроль. 2025. № 6. С. 63–72.

7. *Криворотов В. В., Калина А. В., Белик И. С.* Пороговые значения индикативных показателей для диагностики экономической безопасности Российской Федерации на современном этапе // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2019. Т. 18. № 6. С. 892–910

8. *Павлова Т. И., Ли Ц., Нагапетян А. Р.* Оценка вариации влияния инфраструктурных и производственных инвестиций на региональный экономический рост // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2024. № 3 (111). С. 122–140.

9. *Гончаренко Л. И.* Конструктив преференциальных налоговых режимов как детерминанта привлечения инвестиций в инновационное развитие России // Экономика. Налоги. Право. 2024. Т. 17. № 3. С. 156–166.

10. *Федорова С. О.* Проблемы реализации государственной политики в сфере стимулирования инвестиционной деятельности бизнеса // Архонт. 2023. № 3 (36). С. 107–120.

11. *Корсакова Е. А.* Валовой внутренний продукт: составляющие темпов прироста // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2025. № 6. С. 90–97.

12. *Матризаев Б. Д.* Исследование отдельных эмпирических закономерностей влияния макрофинансовой политики государства на стимулирование инновационной активности в рамках эндогенной теории роста // Финансы: теория и практика. 2025. Т. 29. № 2. С. 194–207.

13. *Калмыков К. А.* Анализ роли государственных институтов в формировании правовых рамок для перехода к циркулярной экономике в условиях глобальных вызовов // Академический исследовательский журнал. 2025. Т. 3. № 6. С. 80–88.

14. *Агафонов Д. М.* Экономическая целесообразность приливных электростанций: анализ региональных и отраслевых эффектов в контексте высоких капитальных затрат // Академический исследовательский журнал. 2025. Т. 3. № 6. С. 149–153.

15. *Стариков Е. Н., Евсеева М. В., Наумов И. В.* Промышленный рост и отраслевая специализация: влияние инструментов государственной поддержки // Journal of New Economy. 2022. Т. 23. № 3. С. 86–108.

16. *Тагаров Б. Ж.* Оценка уровня пространственной концентрации инвестиций в основной капитал в России // Фундаментальные исследования. 2024. № 11. С. 30–34.

17. *Зубец А. Ж.* Китайский опыт государственного регулирования и развития автомобильной промышленности и его влияние на российский автомобильный рынок // КШП. ОМД. 2023. № 10. С. 162–170.

18. *Красюкова Н. Л.* Обоснование интеграции механизма оценки регулирующего воздействия в систему доказательной политики, направленного на совершенствование действующих мер государственной поддержки российской промышленности, осуществляемых Министерством промышленности и торговли РФ // КШП. ОМД. 2023. № 9. С. 153–163.

19. *Панина О. В.* Роль государства в развитии отечественной промышленности в зеркале истории: тренды XV–XIX вв. // КШП. ОМД. 2023. № 7. С. 141–145.

References

1. Pavlova I. N., Golakov A. A. SPIC: results of implementation and trends in improvement. *Tyumen State University Herald. Socio-Economic and Legal Studies*, 2024, vol. 10, no. 3 (39), pp. 188–206.

2. Giraev V. K. Methods of direct state influence on reproduction processes: practice and directions for improvement. *Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology*, 2024, no. 5, pp. 238–242.

3. Bogachev S. V., Vishnevsky V.P. Tax incentives for economic growth in Russia: analysis from the standpoint of tax dynamics. *Terra Economicus*, 2024, vol. 22, no. 2, pp. 22–38.

4. Batrukova N. M. Tax incentives in the system of state support measures for industrial development. *Bulletin of the Academy of Knowledge*, 2023, no. 2 (55), pp. 295–299.

5. Saltanova A. G. The economic essence of the reproduction of investment activity in the agro-industrial complex of the Southern Federal District. *Economy: Yesterday, Today, Tomorrow,* 2024, vol. 14, no. 7–1. pp. 420–428.

6. Adzhieva A. Yu., Adzhiev D. O., Bobrysheva V. E., Kirakosyan V. G. Assessment of the impact of fixed capital investment on the economic development of the Russian Federation. *Accounting and Control*, 2025, no. 6, pp. 63–72.

7. Krivorot V. V., Kalina A. V., Belik I. S. Threshold values of indicative indicators for diagnosing the economic security of the Russian Federation at the present stage. *Bulletin of UrFU. Series Economics and Management*, 2019, vol. 18, no. 6, pp. 892–910

8. Pavlova T. I., Li C., Nagapetyan A. R. Assessment of variation in the influence of infrastructure and production investments on regional economic growth. *Proceedings of the Far Eastern Federal University. Economics and Management*, 2024, no. 3 (111). pp. 122–140.

9. Goncharenko L. I. The design of preferential tax regimes as a determinant of attracting investment into Russia's innovative development. *Economics. Taxes. Law*, 2024, vol. 17, no. 3, pp. 156–166.

10. Fedorova S. O. Problems of implementing state policy in the field of stimulating business investment activity. *Arkhont*, 2023, no. 3 (36), pp. 107–120.

11. Korsakova E. A. Gross domestic product: components of growth rates. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 2025, no. 6, pp. 90–97.

12. Matrizaev B. D. Study of selected empirical regularities of the influence of the state's macro-financial policy on stimulating innovation activity within the framework of endogenous growth theory. *Finance: Theory and Practice*, 2025, vol. 29, no. 2, pp. 194–207.

13. Kalmykov K. A. Analysis of the role of state institutions in forming legal frameworks for the transition to a circular economy under global challenges. *Academic Research Journal*, 2025, vol. 3, no. 6, pp. 80–88.

14. Agafonov D. M. Economic feasibility of tidal power plants: analysis of regional and sectoral effects in the context of high capital costs. *Academic Research Journal*, 2025, vol. 3, no. 6, pp. 149–153.

15. Starikov E. N., Evseeva M. V., Naumov I. V. Industrial growth and sectoral specialization: the impact of state support instruments. *Journal of New Economy*, 2022, vol. 23, no. 3, pp. 86–108.

16. Tagarov B. Zh. Assessment of the level of spatial concentration of fixed capital investment in Russia. *Fundamental Research*, 2024, no. 11, pp. 30–34.

17. Zubets A. Zh. Chinese experience of state regulation and development of the automotive industry and its impact on the Russian automotive market. *Forging and stamping production. Material working by pressure*, 2023, no. 10, pp. 162–170.

18. Krasyukova N. L. Justification for the integration of a regulatory impact assessment mechanism into the evidence-based policy system aimed at improving the current measures of state support for Russian industry implemented by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. *Forging and stamping production. Material working by pressure*, 2023, no. 9, pp. 153–163.

19. Panina O. V. The role of the state in the development of domestic industry in the mirror of history: trends of the 15th-19th centuries. *Forging and stamping production. Material working by pressure*, 2023, no. 7, pp. 141–145.

УДК 332.14

А. Б. МОТТАЕВА, д-р экономич. наук (Финансовый Университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: abmottaeva@fa.ru,
A. B. Mottaeva (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Цифровые механизмы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в системе региональной кластерной экономики

Digital mechanisms of sustainable development of mining enterprises in the regional cluster economy system

В условиях усиления пространственной дифференциации социально-экономического развития, роста нестабильности сырьевых рынков и ужесточения экологических требований особую актуальность приобретает обеспечение устойчивого развития горнодобывающих предприятий в контексте кластерного развития региональной экономики. Специфика ресурсно-ориентированных регионов, характеризующаяся высокой концентрацией добывающих производств, обусловливает необходимость перехода к интегрированным моделям управления, основанным на кооперации, цифровизации и повышении эффективности использования ресурсов. Разработана и обоснована теоретико-методические подходы к формированию цифровых механизмов устойчивого развития горнодобывающих предприятий в условиях региональной кластеризации. Выявляются ограничения традиционных моделей управления, связанные с фрагментарностью производственных цепочек, недостаточной цифровой интеграцией и низким уровнем межотраслевой кооперации. Систематизированы направления цифровой трансформации, включая промышленный интернет вещей, анализ больших данных и интеллектуальные системы управления, обеспечивающие интеграцию предприятий в рамках кластерных структур. Гипотеза исследования состоит в том, что использование цифровых механизмов в региональных промышленных кластерах способствует повышению устойчивости горнодобывающих предприятий за счет усиления кооперационных связей, оптимизации использования ресурсов, снижения экологической нагрузки и повышения адаптивности к внешним и внутренним воздействиям. Предложена концептуальная модель, отражающая интеграцию цифровых и кластерных механизмов устойчивого развития. Практическая значимость результатов определяется возможностью их использования при разработке региональной промышленной политики, формировании кластерных инициатив и реализации стратегий цифровой трансформации добывающих отраслей.

In the context of increasing spatial differentiation of socio-economic development, growing instability of commodity markets and stricter environmental requirements, ensuring the sustainable development of mining enterprises within the framework of regional cluster development is becoming especially relevant. The specifics of resource-oriented regions, characterized by a high concentration of extractive industries, necessitate the transition to integrated management models based on cooperation, digitalization and more efficient resource use. The purpose of the study is to develop and substantiate theoretical and methodological approaches to the formation of digital mechanisms for the sustainable development of mining enterprises under conditions of regional clustering. The article identifies the limitations of traditional management models related to fragmented production chains, insufficient digital integration and a low level of intersectoral cooperation. The main directions of digital transformation are systematized, including the Industrial Internet of Things, big data analytics and intelligent management systems that ensure the integration of enterprises within cluster structures. The hypothesis is that the use of digital mechanisms within regional industrial clusters contributes to the sustainability of mining enterprises by strengthening cooperative ties, optimizing resource use, reducing environmental impact and increasing adaptability to external and internal challenges. A conceptual model reflecting the integration of digital and cluster mechanisms of sustainable development is proposed. The practical significance of the results lies in their applicability to regional industrial policy, cluster initiatives and digital transformation strategies in extractive industries.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность; устойчивое развитие; цифровизация; кластерное развитие; региональная экономика; промышленный интернет вещей; большие данные; цифровая трансформация.

Keywords: mining industry; sustainable development; digitalization; cluster development; regional economy; Industrial Internet of Things; big data; digital transformation.

Проблема устойчивого развития в условиях Индустрии 4.0 приобретает системный характер и становится одним из ключевых направлений экономической политики и научных исследований. В современной литературе устойчивость трактуется как способность производственных и региональных систем адаптироваться к изменениям внешней среды, обеспечивая сбалансированное развитие экономических, экологических и технологических процессов. При этом, как отмечают Н. В. Перекрест и О. А. Затепякин, подходы к определению устойчивого развития горнодобывающих предприятий остаются неоднозначными и зависят от совокупности ресурсных, технологических и институциональных факторов [1].

Горнодобывающая промышленность играет ключевую роль в формировании региональной экономики, обеспечивая сырьевую базу для энергетики, металлургии и инфраструктурных отраслей. Вместе с тем предприятия отрасли функционируют в условиях возрастающей неопределенности, связанной с истощением минерально-сырьевой базы, ростом издержек добычи, ужесточением экологических требований и дефицитом квалифицированных кадров. В этих условиях, по мнению М. В. Рыльниковой «устойчивое развитие горнодобывающих предприятий требует «рационального сочетания геотехнологических процессов и масштабов их реализации», что предполагает переход к более эффективным и технологически интегрированным моделям управления» [2].

В современных условиях развития региональной экономики возрастает значимость перехода от изолированного функционирования предприятий к кластерным формам организации производства. Кластерный подход позволяет рассматривать горнодобывающие предприятия как элементы более широкой производственно-экономической системы, включающей поставщиков, инфраструктурные организации, научные центры и институты развития. Согласно теории кластеров М. Портера, «устойчивость и конкурентоспособность территорий формируются за счет концентрации взаимосвязанных субъектов, обеспечивающих синергетические эффекты и ускорение инновационных процессов» [3]. Для ресурсно-ориентированных регионов такие кластеры становятся основой более эффективного использования природных ресурсов и устойчивого пространственного развития.

Развитие кластерного подхода в условиях цифровой экономики связано с переходом к экосистемной модели. В работах Г. Б. Клейнера «экономические системы рассматриваются как совокупность взаимосвязанных подсистем, устойчивость которых определяется согласованностью их функционирования и способностью к адаптации к внешним изменениям» [4]. В рамках данного подхода горнодобывающие предприятия выступают не как изолированные производственные единицы, а как элементы региональных промышленно-экономических экосистем, в которых ключевую роль играют кооперационные связи, институциональная среда и уровень технологического развития.

Кластерный подход позволяет учитывать взаимосвязь предприятий, инфраструктуры и институтов развития, формируя устойчивые производственно-кооперационные системы. В. Г. Крюков и И. А. Черкашина отмечают, что «формирование горно-металлургических кластеров способствует повышению эффективности использования ресурсов и развитию территорий» [5]. Аналогично, в исследования Гуркова А. А. и его соавторов рассматривают «кластерный подход, как новую форму развития угледобывающих предприятий, обеспечивающую усиление кооперационных связей и повышение устойчивости отрасли» [6].

В условиях цифровой экономики кластерные процессы получают дополнительный импульс. Н. П. Круговая подчеркивает, что «развитие промышленных кластеров сопровождается внедрением цифровых технологий, что открывает новые возможности для повышения эффективности и устойчивости производственных систем» [7]. В свою очередь, Т. С. Будина рассматривает «формирование циркулярных промышленных кластеров на базе горнодобывающих компаний как перспективное направление, позволяющее обеспечить более рациональное использование ресурсов и снижение экологической нагрузки» [8].

Ключевым фактором трансформации горнодобывающей отрасли становится цифровизация. По мнению Т. Б. Яконовской и А. И. Жигульской «цифровые технологии формируют новые модели управления, обеспечивая повышение прозрачности, управляемости и предсказуемости деятельности предприятий» [9]. Внедрение технологий промышленного интернета вещей, анализа больших данных и интеллек-

туальных систем управления позволяет повысить точность планирования, снизить производственные риски и оптимизировать использование ресурсов. А. М. Балашов отмечает, что «внедрение современных цифровых технологий сопровождается трансформацией производственных процессов и повышением их эффективности» [10]. А. И. Мышлецов и С. Г. Авруцкая подчеркивают, что «цифровизация способствует не только росту операционной эффективности, но и снижению негативного воздействия на окружающую среду» [11]. Особую роль в этом процессе играют цифровые платформы, которые, по мнению Ан. Б. Моттаевой и Ю. А. Крупнова, «выступают драйверами устойчивого развития горнодобывающих компаний, обеспечивая интеграцию данных и управление производственными процессами в режиме реального времени» [12].

Несмотря на значительное количество исследований, в научной литературе сохраняется недостаточная проработанность вопросов интеграции цифровых технологий и кластерных механизмов в систему устойчивого развития горнодобывающих предприятий. Существующие работы, как правило, рассматривают либо цифровую трансформацию отрасли [9–14], либо развитие кластеров [3, 5–8], либо вопросы устойчивости в отрыве от технологических факторов [1, 2]. Недостаточно изучены механизмы, обеспечивающие синхронизацию производственных, экологических и управленческих процессов в рамках региональных кластеров.

Цель данной работы – разработка и обоснование теоретико-методических подходов к формированию цифровых механизмов устойчивого развития горнодобывающих предприятий в системе кластерного развития региональной экономики с учетом технологических, экологических и институциональных особенностей отрасли.

Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи: анализ современных теоретических подходов к устойчивому развитию, цифровой трансформации и кластеризации экономики; выявление ограничений существующих моделей управления горнодобывающими предприятиями; обоснование роли цифровых технологий в обеспечении устойчивости производственных систем; систематизация направлений и механизмов интеграции цифровых решений в деятельность предприятий; разработка концептуальной модели цифровой трансформации в контексте кластерного развития.

Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью комплексного осмысления взаимосвязи цифровизации, кластерного развития и устойчивости горнодобывающих предприятий, что формирует основу для дальнейшего анализа механизмов их цифровой трансформации.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составляют положения теории устойчивого развития, кластерной теории региональной экономики, концепции цифровой трансформации промышленности, а также элементы экосистемного и ресурсного подходов. Использование данных теоретических подходов позволяет рассматривать горнодобывающие предприятия как элементы интегрированных производственно-экономических систем, функционирующих в условиях цифровизации и межотраслевой кооперации. Для обобщения и критического анализа существующих научных подходов применяются методы сравнительного и логического анализа, а также контент-анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных вопросам цифровизации и устойчивого развития горнодобывающей отрасли [1–12, 14].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ современных теоретических подходов показывает, что устойчивое развитие горнодобывающих предприятий следует рассматривать на пересечении трех взаимосвязанных плоскостей: производственно-экономической устойчивости, цифровой трансформации и кластерной организации региональной экономики. Изолированное рассмотрение этих направлений не позволяет в полной мере объяснить механизмы адаптации предприятий к современным вызовам, тогда как их сочетание формирует основу для разработки целостной модели устойчивого развития.

Вместе с тем действующие модели управления горнодобывающими предприятиями во многом сохраняют черты, сформированные в условиях более стабильной рыночной среды и меньшей технологической сложности. В результате они все менее соответствуют требованиям цифровой экономики, экологической повестки и кластерного развития.

Проведенный анализ современных моделей управления горнодобывающими предприятиями позволяет систематизировать ключевые ограничения, препятствующие обеспечению устойчивого развития и эффективной цифровой трансформации отрасли. Установлено, что данные ограничения носят комплексный характер и охватывают организационные, технологические, экономические и институциональные аспекты функционирования предприятий (см. табл. 1).

Данные, представленные в табл. 1, показывают, что ограничения традиционных моделей управле-

ния носят системный характер и взаимно усиливают друг друга. Ключевыми барьерами выступают фрагментарность процессов, недостаточная цифровая интеграция и слабая кластерная координация, что приводит к снижению эффективности и устойчивости предприятий. Это обуславливает необходимость перехода к интегрированным цифровым моделям управления, обеспечивающим синхронизацию производственных, экологических и управленческих процессов в рамках кластерного развития региональной экономики [5, 8, 12, 14].

Практическая реализация цифровых решений в горнодобывающей отрасли позволяет оценить их влияние на ключевые показатели эффективности предприятий. С целью более глубокого обоснования положения в табл. 2 структурно представлен сравнительный анализ производственных и экономических параметров в результате внедрения цифровых технологий ведущих российских компаний [9–12, 14].

В результате анализ показывает, в процессе цифровой трансформации происходит улучшение ключевых производственных и экономических показателей, в т. ч. снижение простоев и издержек и повышение точности планирования. Наряду с этим, эффективность зависит от уровня зрелости и степени интеграции цифровых решений. В результате, следующим этапом исследования становится переход от оценки частных результатов к анализу механизмов, обеспечивающих комплексное влияние цифровизации на устойчивость производственных систем (см. табл. 3).

Данные, представленные в табл. 3, демонстрируют, что цифровые технологии оказывают многоплановое воздействие на деятельность горнодобывающих предприятий, обеспечивая интеграцию процессов, повышение предиктивности управления, снижение экологических рисков и усиление кластерной кооперации. Это свидетельствует о трансформации цифро-

Таблица 1

Системные ограничения традиционных моделей управления горнодобывающими предприятиями

Группа ограничений	Содержание	Последствия
Организационные	Фрагментарность управления (разведка, добыча, переработка, экология функционируют разрозненно)	Снижение согласованности решений, рост транзакционных издержек
Технологические	Низкий уровень цифровой зрелости, точечное внедрение решений	Отсутствие единой цифровой среды, ограниченность предиктивного управления [6, 12]
Институциональные	Организационная инерционность, сопротивление изменениям	Замедление цифровой трансформации и адаптации [12]
Экономические	Узкая трактовка эффективности (ориентация на объем и себестоимость)	Игнорирование *ESG*- и кластерных эффектов, снижение устойчивости [3, 10]
Экологические	Отсутствие интеграции экологического контура в управление	Рост экологических рисков, снижение инвестиционной привлекательности [8]
Кластерные	Низкая координация между региональными компаниями	Сдерживание кластерного роста [10]

Таблица 2

Эффекты цифровизации ведущих российских горнодобывающих компаний

Предприятие	Показатель	Было	Стало	Эффект
Норникель	Простои	12–15 %	8–10 %	↓ 25–35 %
СУЭК	Аварийность	базовый	–15–25 %	↓
АЛРОСА	Точность планирования	65–70 %	80–85 %	↑ 15–20 %
Металлоинвест	Издержки	100 %	85–92 %	↓ 8–15 %

Таблица 3

Механизмы влияния цифровизации на устойчивость

Направление	Технологии	Механизм	Эффект
Интеграция процессов	*IIoT*, платформы	Сквозная координация	↓ Фрагментации
Предиктивность	*Big Data*, *AI*	Прогнозирование	↓ Рисков
Экологичность	Мониторинг, *ESG*	Контроль воздействия	↓ Нагрузки
Кластеризация	Платформы	Кооперация	↑ Синергии
Адаптивность	Аналитика	Быстрая реакция	↑ Устойчивости

визации из инструмента повышения эффективности в системообразующий фактор устойчивого развития.

Таким образом, цифровая трансформация формирует новую архитектуру управления, в которой ключевое значение приобретает синхронизация производственных, экологических и управленческих контуров. Обобщение выявленных закономерностей обусловливает необходимость разработки концептуальной модели, отражающей взаимосвязь цифровых механизмов и параметров устойчивости горнодобывающих предприятий, что представлено на рисунке.

Проведенный анализ показывает, что цифровая трансформация горнодобывающих предприятий носит многомерный характер и затрагивает все ключевые контуры их функционирования. Вместе с тем эффективность цифровизации во многом определяется не отдельными технологиями, а степенью их интеграции в производственные, управленческие и экологические процессы. Это обусловливает необходимость систематизации направлений и механизмов внедрения цифровых решений с учетом отраслевой и региональной специфики. В рамках исследования выделены четыре базовых направления интеграции цифровых технологий: производственное, аналитическое, экологическое и управленческое. Систематизация указанных направлений позволяет выделить соответствующие механизмы интеграции цифровых решений (см. табл. 4) [9–12, 14].

В результате максимальный эффект достигается при одновременной реализации всех направлений, что позволяет сформировать интегрированную систему управления предприятием. При этом цифровизация приобретает характер системного процесса, выходящего за рамки локальной модернизации и охватывающего всю структуру производственно-экономических отношений.

Особую роль в данном процессе играет кластерный уровень. В условиях формирования региональных промышленных кластеров цифровые технологии обеспечивают не только внутрифирменную интеграцию, но и координацию взаимодействия между предприятиями, поставщиками, научными организациями и органами власти. Это позволяет усиливать синергетический эффект кластеров и повышать устойчивость региональной экономики в целом [5, 6]. Далее в табл. 5 наглядно представлены эмпирические данные по российским горнодобывающим компаниям свидетельствуют о следующих типовых эффектах цифровой трансформации [9–12, 14].

Представленные данные демонстрируют, что цифровизация обеспечивает устойчивое улучшение ключевых показателей деятельности горнодобывающих предприятий, включая снижение простоев и аварийности (до 40 %), рост точности планирования (до 25 %) и сокращение издержек (до 15 %). Это подтверждает, что цифровые технологии выступают основой перехода к интегрированным и предиктивным моделям управления, повышающим устойчивость производственных систем в условиях неопределенности.

Вместе с тем полученные эмпирические эффекты требуют теоретического обобщения, позволяющего

Таблица 4

Направления и механизмы интеграции цифровых решений в деятельности горнодобывающих предприятий

Направление	Технологии	Механизмы интеграции	Ожидаемый эффект
Производственное	*IIoT*, цифровые двойники, автоматизация	Интеграция оборудования и процессов	Снижение простоев, рост эффективности
Аналитическое	*Big Data*, *AI*	Централизация и обработка данных	Повышение точности планирования
Экологическое	Системы мониторинга, *ESG*-инструменты	Интеграция экологических показателей	Снижение экологической нагрузки
Управленческое	Цифровые платформы	Сквозное управление процессами	Рост адаптивности и управляемости

Таблица 5

Количественные эффекты цифровизации российских горнодобывающих предприятий

Предприятие	Показатель	До цифровизации	После внедрения	Эффект
Норникель	Простои оборудования	12–18 %	7–10 %	↓ на 30–40 %
СУЭК	Аварийность	Базовый уровень	–15–25 %	Снижение
АЛРОСА	Точность планирования	60–70 %	80–90 %	↑ на 15–25 %
Полюс	Производительность труда	100 %	110–125 %	↑ на 10–25 %
Металлоинвест	Издержки производства	100 %	85–92 %	↓ на 8–15 %

раскрыть механизмы их формирования и взаимосвязь с устойчивым развитием. Систематизация направлений и инструментов цифровой трансформации позволяет перейти от анализа отдельных результатов к целостному представлению о цифровизации как системном факторе, интегрирующем производственные, экологические и управленческие процессы в рамках кластерной экономики.

В этой связи предлагается концептуальная модель цифровых механизмов устойчивого развития горнодобывающих предприятий, отражающая причинно-следственную взаимосвязь между внешними вызовами, ограничениями традиционных моделей управления и инструментами цифровой трансформации, что представлено на рисунке.

Согласно авторской модели (см. рисунок), устойчивое развитие горнодобывающих предприятий формируется при помощи системной интеграции цифровых технологий, обеспечивающей переход от фрагментарных к сквозным моделям управления. В результате, объединяя производственные, экологические и управленческие контуры в единую информационно-аналитическую среду, модель выступает ключевым механизмом преодоления ограничений традиционных подходов.

Принципиальной особенностью модели является учет кластерного контекста, в котором цифровые решения выполняют не только внутрифирменную, но и межорганизационную функцию, усиливая кооперационные связи и синергетические эффекты. Это позволяет рассматривать цифровую трансформацию как системообразующий фактор, обеспечивающий повышение адаптивности, снижение рисков и достижение устойчивого развития предприятий в условиях региональной экономики.

Таким образом, проведенный анализ позволяет установить взаимосвязь между ограничениями традиционных моделей управления, эффектами цифро-

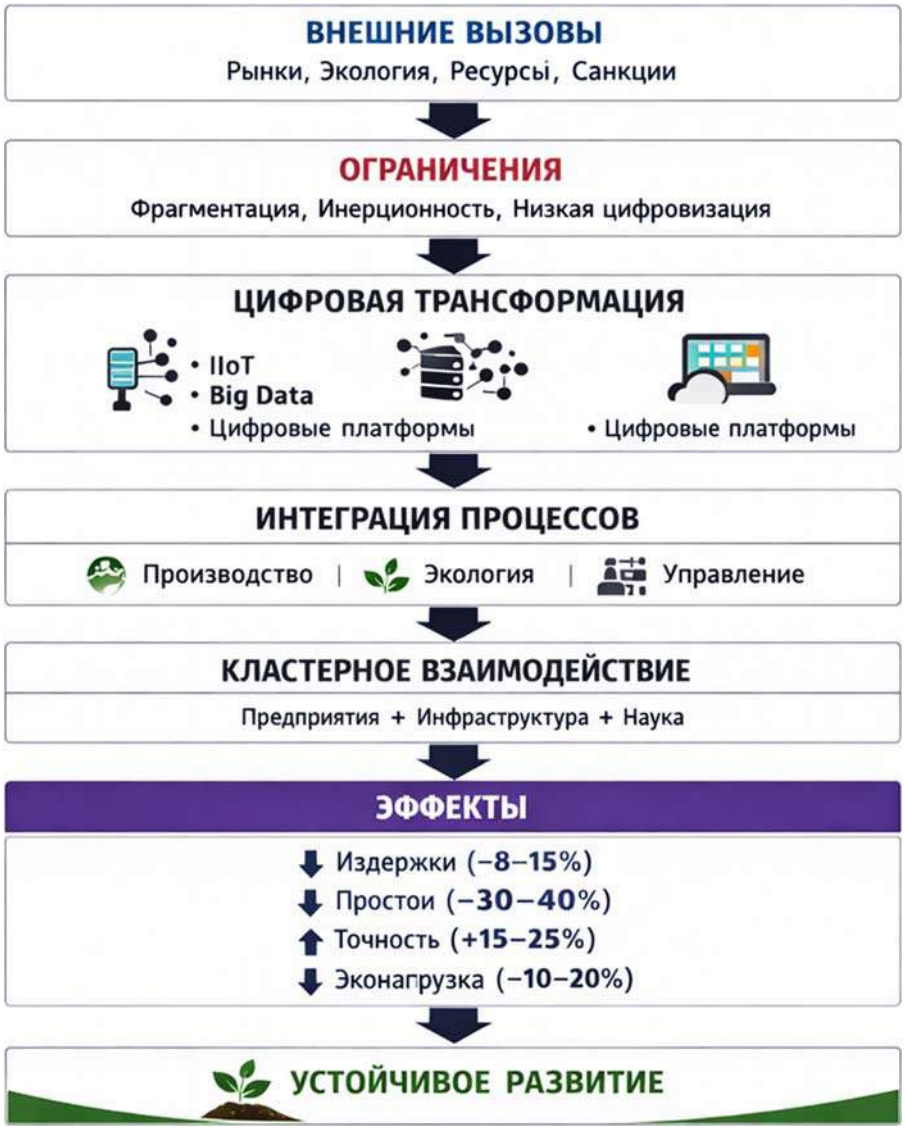


Рисунок. Авторская модель цифровых механизмов устойчивого развития горнодобывающих предприятий

визации и механизмами обеспечения устойчивого развития горнодобывающих предприятий. Показано, что цифровые технологии обеспечивают не только повышение эффективности отдельных процессов, но и формируют новую архитектуру управления, основанную на интеграции, предиктивности и кластерной координации.

Выводы. 1. На сегодняшний день в условиях неопределенности, внешних вызовов и глобальных трансформаций традиционные модели управления горнодобывающими предприятиями не обеспечивают необходимого уровня.

2. Фрагментарность процессов, не высокий уровень цифровой зрелости и слабая кластерная координация – выявленные ограничения, которые в совокупности снижают адаптивность и эффективность функционирования предприятий Выявленные ограничения связаны с фрагментарностью процессов.

3. Анализ практики внедрения цифровых механизмов в производственно-технологические процессы ведущими предприятиями горнодобывающей отрасли выявляет следующие результаты: рост ключевых показателей деятельности, включая снижение простоев и издержек и повышение точности планирования. Следовательно, системная интеграция цифровых решений, обеспечивающая синхронизацию производственных, экологических и управленческих процессов является механизмом максимального достижение эффективности.

4. Таким образом, цифровая трансформация, в сочетании с кластерным подходом – системообразующий фактор устойчивого развития горнодобывающих предприятий, который формирует основу для повышения их адаптивности, снижения рисков и обеспечения долгосрочной эффективности.

Список литературы

1. *Перекрест Н. В., Затепякин О. А*. Теоретические подходы к определению понятия устойчивого развития горнодобывающего предприятия // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2023. № 1 (43). С. 116–125.

2. *Рыльникова М. В.* Условия и принципы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в период повышенных рисков и глобальных вызовов // Горная промышленность. 2022. № 3. С. 69–73.

3. *Porter M.* Competitive Advantage of Nations. New York: Free Press. 1990.

4. *Клейнер Г. Б*. Системная экономика: шаги развития. М.: Научная библиотека. 2021.

5. *Крюков В. Г., Черкашина И. А*. Горно-металлургические кластеры: условия и перспективы формирования на Дальнем Востоке России // Региональные проблемы. 2024. Т. 27. № 3. С. 96–99.

6. *Гурков А. А., Разумняк Н. Л., Якунчиков Е. Н., Малова С. А*. Кластерный подход как новая форма развития угледобывающих предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № S 47. С. 44–50.

7. *Круговая Н. П.* Проблемы и перспективы развития промышленных кластеров в условиях цифровой экономики // Молодой ученый. 2022. № 3 (398). С. 185–188.

8. *Будина Т. С*. Формирование подходов к организации циркулярного промышленного кластера на базе горнодобывающих компаний // Вестник науки. 2024. Т. 2. № 9 (78). С. 19–40.

9. *Яконовская Т. Б., Жигульская А. И.* Тенденции цифровизации в горнодобывающем секторе экономики РФ // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. 2021. № 1 (24). С. 92–100.

10. *Балашов А. М.* Внедрение современных цифровых технологий на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 83–86.

11. *Мышлецов А. И., Авруцкая С. Г.* Цифровые технологии и устойчивое развитие в горнодобывающей отрасли // Успехи в химии и химической технологии. 2023. Т. 37. № 1 (263). С. 55–59.

12. *Моттаева А. Б., Крупнов Ю. А*. Цифровые платформы как драйверы устойчивого экономического развития горных компаний // Горная промышленность. 2026. № 1. С. 74–82.

13. *Зворыкина Ю. В., Будина Т. С*. Организационно-экономический механизм управления проектами по извлечению редкоземельных металлов из отходов горнодобывающих компании // Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применение (РЕДМЕТ-2024): сб. тезисов 3-ей Междунар. науч.-практич. конф., посвященной памяти академика Н. П. Сажина. М: ООО Научные технологии. 2024. С. 104–105.

14. *Моттаева А. Б.* Перспективы цифровой трансформации горнодобывающей промышленности // КШП. ОМД. 2024. № 6. С. 91–107.

15. *Прядко И. П., Магина А. И*. Политика импортозамещения в оценке участников социологического опроса: цифры и факты // Экономика и предпринимательство. 2020. № 11 (124). С. 149–154.

References

1. Perekrest N. V., Zatepyakin O. A. Theoretical approaches to the definition of the concept of sustainable development of a mining enterprise. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*, 2023, no. 1 (43), pp. 116–125.

2. Rylnikova M. V. Conditions and principles of sustainable development of mining enterprises in a period of increased risks and global challenges. *Russian Mining Industry*, 2022, no. 3, pp. 69–73.

3. Porter M. *Competitive Advantage of Nations*. New York, Free Press, 1990.

4. Kleiner G. B. *Sistemnaya ekonomika: shagi razvitiya* [System Economy: development steps]. Moscow, Scientific Library, 2021.

5. Kryukov V. G., Cherkashina I. A. Mining and metallurgical clusters: conditions and prospects of formation in the Russian Far East. *Regional problems*, 2024, vol. 27, no. 3, pp. 96–99.

6. Gurkov A. A., Razumnyak N. L., Yakunchikov E. N., Malova S. A. Cluster approach as a new form of development of coal mining enterprises. *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2019, no. S 47, pp. 44–50.

7. Krugovaya N. P. Problems and prospects of industrial clusters development in the digital economy. *Young scientist*, 2022, no. 3 (398), pp. 185–188.

8. Budina T. S. Formation of approaches to the organization of a circular industrial cluster based on mining companies. *Vestnik nauki*, 2024, vol. 2, no. 9 (78), pp. 19–40.

9. Yakonovskaya T. B., Zhigulskaya A. I. Trends of digitalization in the mining sector of the Russian economy. *Vestnik of Tver State Technical University. Series: Social Sciences and Humanities*, 2021, no. 1 (24), pp. 92–100.

10. Balashov A. M. The introduction of modern digital technologies in mining enterprises. *Russian Mining Industry*, 2022, no. 6, pp. 83–86.

11. Myshletsov A. I., Avrutskaya S. G. Digital technologies and sustainable development in the mining industry. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 2023, vol. 37, no. 1 (263), pp. 55–59.

12. Mottaeva A. B., Krupnov Yu. A. Digital platforms as drivers of sustainable economic development of mining companies. *Russian Mining Industry*, 2026, no. 1, pp. 74–82.

13. Zvorykina Yu. V., Budina T. S. Organizational and economic mechanism of project management for the extraction of rare earth metals from mining waste. *Rare metals and materials based on them: technologies, properties and application (REDMET-2024): Collection of abstracts of the 3rd International scientific and practical conference dedicated to the memory of Academician N. P. Sazhin*. Moscow, Scientific Technologies LLC, 2024, pp. 104–105.

14. Mottaeva A. B. Prospects of digital transformation of the mining industry. *Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure*, 2024, no. 6, pp. 91–107.

15. Pryadko I. P., Magina A. I. The policy of import substitution in the assessment of participants in a sociological survey: figures and facts. *Economy and Entrepreneurship*, 2020, no. 11 (124), pp. 149–154.

УДК 332.14

О. В. СЮЗЕВА, канд. экономич. наук (Государственный университет просвещения; Московский международный университет, г. Москва); В. О. КОЖИНА, С. А. ИЗМАЙЛОВА, кандидаты экономич. наук (Московский международный университет, г. Москва)

E-mail: olga-suzeva@yandex.ru

O. V. Suzeva (State University of Education; Moscow International University, Moscow); V. O. Kozhina, S. A. Izmailova (Moscow International University, Moscow)

Интеграция цифровых технологий в систему устойчивого развития горнодобывающей промышленности

Integration of digital technologies into the system of sustainable development of the mining industry

В условиях усиления технологической трансформации промышленности, ужесточения экологических требований и роста нестабильности сырьевых рынков особую актуальность приобретает обеспечение устойчивого развития горнодобывающих предприятий на основе цифровых решений. Специфика отрасли, связанная с высокой капиталоемкостью, сложными горно-геологическими условиями и повышенными требованиями к промышленной безопасности, ограничивает эффективность традиционных моделей управления и требует их модернизации. Разработаны и обоснованы теоретико-методические подходы к интеграции цифровых технологий в систему устойчивого развития горнодобывающих предприятий. Выявлены ограничения существующих производственных и управленческих моделей, систематизированы направления применения цифровых решений, включая промышленный интернет вещей, большие данные и интеллектуальные системы управления, а также предложена концептуальная модель цифровой трансформации. Гипотеза исследования заключается в том, что интеграция цифровых технологий способствует повышению устойчивости горнодобывающих предприятий за счет оптимизации использования ресурсов, снижения экологической нагрузки и повышения адаптивности к внешним и внутренним воздействиям. Практическая значимость результатов связана с возможностью их использования при разработке стратегий циф-

ровой трансформации, программ устойчивого развития и инструментов промышленной политики в горнодобывающей отрасли.

In the context of the increasing technological transformation of industry, stricter environmental requirements and growing instability of commodity markets, ensuring the sustainable development of mining enterprises based on digital solutions is of particular relevance. The specifics of the industry, associated with high capital intensity, difficult mining and geological conditions and increased requirements for industrial safety, limit the effectiveness of traditional management models and require their modernization. The purpose of the research is to develop and substantiate theoretical and methodological approaches to the integration of digital technologies into the system of sustainable development of mining enterprises. The article identifies the limitations of existing production and management models, systematizes the areas of application of digital solutions, including the industrial Internet of things, big data and intelligent control systems, and proposes a conceptual model of digital transformation. The hypothesis of the study is that the integration of digital technologies contributes to increasing the sustainability of mining enterprises by optimizing the use of resources, reducing environmental stress and increasing adaptability to external and internal influences. The practical significance of the results is related to the possibility of their use in the development of digital transformation strategies, sustainable development programs and industrial policy instruments in the mining industry.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность; устойчивое развитие; цифровизация; промышленный интернет вещей; большие данные; цифровая трансформация; ресурсная эффективность; экологическая устойчивость.

Keywords: mining industry; sustainable development; digitalization; industrial Internet of things; big data; digital transformation; resource efficiency; environmental sustainability.

Горнодобывающая промышленность сохраняет статус одного из ключевых секторов российской экономики, формируя ресурсную основу для развития базовых отраслей, включая энергетику, металлургию и строительство. В то же время отрасль сталкивается с рядом системных вызовов, среди которых истощение минерально-сырьевой базы, ужесточение экологических требований, усложнение логистических цепочек и дефицит квалифицированных кадров. Эти факторы обусловливают необходимость трансформации традиционных подходов к управлению и развитию предприятий. В данных условиях цифровизация выступает не как вспомогательное направление модернизации, а как стратегический инструмент, обеспечивающий повышение операционной эффективности, снижение издержек и укрепление технологической независимости горнодобывающих компаний.

В эпоху усиления глобальной нестабильности, структурной трансформации промышленности и ужесточения экологических требований проблема обеспечения устойчивого развития горнодобывающей промышленности приобретает особую научную и практическую актуальность. Учитывая современные условия функционирования горнодобывающих предприятий, которые характеризуются высокой неопределенностью и рискогенностью, тема интеграция цифровых технологий в систему устойчивого развития является весьма актуальной. Процессы интеграции цифровых технологий в отрасль подробно рассмотрены многими авторами, включая имеющиеся проблемы, наиболее перспективные решения, мировой и российский опыт их внедрения.

В исследованиях показано, что цифровизация является важным инструментом развития и повышения эффективности деятельности компаний. Как отмечает М. В. Рыльникова, «обеспечение устойчивого развития минерально-сырьевой базы России возможно на основе определения для каждой горнотехнической системы рационального сочетания геотехнологических процессов, масштабов их реализации» [1]. Это обусловливает необходимость перехода от традиционных экстенсивных моделей развития к инновационно-ориентированным и технологически интегрированным системам управления.

Особое значение в этом процессе приобретают цифровые технологии, обеспечивающие переход от фрагментарных к интегрированным моделям управления производственными системами. По мнению Т. Б. Яконовской и А. И. Жигульской, «цифровизация горнодобывающего сектора формирует новые модели управления производственными процессами, обеспечивая повышение прозрачности, управляемости и предсказуемости деятельности предприятий. На предприятиях горнодобывающего сектора РФ в сфере проектировании управления различными горными бизнес-процессами используется около 100 разнообразных программных продуктов» [2]. Внедрение цифровых технологий, включая промышленный интернет вещей, системы анализа больших данных и цифровые двойники, позволяет существенно повысить точность планирования, снизить уровень про-

изводственных рисков и оптимизировать использование ресурсов.

Развитие данного подхода отражено в работах А. М. Балашова, который показывает, что «внедрение современных цифровых технологий в горнодобывающем производстве является важной гарантией достижения предприятиями реформы. В результате рост показателей применения цифровых технологий нового поколения и трансформации традиционных методов производства» [3]. В то же время А. И. Мышлецов и С. Г. Авруцкая отмечают, что «успешное внедрение цифровой трансформации в разнообразные бизнес-процессы способствует не только повысить операционную эффективность горнодобывающих предприятий, но и снизить их неблагоприятное влияние на окружающую среду» [4].

Зарубежные исследования также подтверждают ключевую роль цифровизации в трансформации промышленности. В частности, концепция динамических способностей, разработанная Д. Тисом, акцентирует внимание на способности организаций адаптироваться к изменениям внешней среды за счет трансформации ресурсов и управленческих практик. В рамках данной логики цифровые технологии выступают как инструмент формирования гибких и устойчивых производственных систем [5]. Дополнительно исследования в области устойчивого развития подчеркивают необходимость интеграции технологических инноваций в модели устойчивого промышленного роста. Так, Дж. Сакс обосновывает взаимосвязь устойчивого развития и технологической модернизации экономики [6]. В материалах *OECD* подчеркивается, что «цифровая трансформация открывает возможности для защиты окружающей среды, но в то же время ставит новые задачи. Несмотря на то, что она стремительно меняет экономику и образ жизни, для достижения климатических и экологических целей необходимы более глубокие преобразования».

Несмотря на значительный массив работ по цифровизации горнодобывающей отрасли и отдельным аспектам устойчивого развития, в научной литературе недостаточно разработан целостный теоретико-методический подход, позволяющий рассматривать цифровые технологии как системный инструмент обеспечения устойчивости горнодобывающих предприятий. Недостаточно изучены механизмы интеграции цифровых решений в производственные, экологические и управленческие контуры предприятия, а также эффекты такой интеграции в контексте адаптивности и долгосрочной устойчивости

В существующих работах, как правило, рассматриваются либо отдельные аспекты цифровизации [7, 8], либо вопросы устойчивого развития без учета их технологической трансформации [9]. Это обусловливает необходимость разработки комплексного теоретико-методологического подхода, учитывающего взаимосвязь цифровых и устойчивых трансформационных процессов в отрасли.

Следовательно, актуальность настоящего исследования определяет необходимость формирования целостной модели интеграции цифровых решений в систему устойчивого развития горнодобывающих предприятий. Современные тенденции, включая цифровую трансформацию экономики, усиление требований к экологической ответственности и необходимость повышения эффективности использования ресурсов, требуют перехода к новым принципам управления производственными системами.

Цель данной работы – разработка и обоснование теоретико-методических подходов к интеграции цифровых решений в систему устойчивого развития горнодобывающих предприятий.

Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи: проанализировать современные теоретические подходы к устойчивому развитию и цифровой трансформации промышленности; выявить ограничения существующих моделей управления горнодобывающими предприятиями; обосновать роль цифровых технологий в обеспечении устойчивости производственных систем; систематизировать направления и механизмы интеграции цифровых решений в деятельность предприятий; разработать концептуальную модель цифровой трансформации в контексте устойчивого развития. Гипотеза исследования заключается в том, что интеграция цифровых технологий способствует повышению устойчивости горнодобывающих предприятий за счет оптимизации использования ресурсов, снижения экологической нагрузки и роста адаптивности к внешним и внутренним воздействиям.

Таким образом, необходимость методологического осмысления взаимосвязи цифровизации и устойчивого развития в горнодобывающей промышленности определяет научную новизну и практическую значимость настоящего исследования, что обусловливает переход к рассмотрению теоретико-методологических основ цифровой трансформации отрасли в следующем разделе статьи.

Материалы и методы исследования

Разработка и обоснование теоретико-методических подходов к интеграции цифровых решений в систему устойчивого развития горнодобывающих предприятий с учетом технологических, экологических и институциональных особенностей отрасли являются

целью исследования статьи. Методологическую основу составляют положения теории устойчивого развития, цифровой трансформации промышленности, управления производственными системами, а также элементы экосистемного и ресурсного подходов. В исследовании использованы общенаучные и специальные методы.

Применены методы системного и структурно-функционального анализа, позволившие рассмотреть горнодобывающие предприятия как сложные производственно-экономические системы. Для обобщения научных подходов использованы сравнительный, логический и контент-анализ отечественных и зарубежных исследований.

Оценка факторов устойчивости и влияния цифровых технологий осуществляется с применением методов экономического анализа, группировки и типологизации. Элементы институционального анализа использованы для исследования механизмов регулирования цифровой трансформации отрасли.

Комплекс примененных методов обеспечивает обоснованность результатов и их практическую применимость при разработке стратегий устойчивого развития и цифровой трансформации горнодобывающих предприятий.

Результаты исследования и их обсуждение

В эпоху глобальных трансформаций горнодобывающая промышленность характеризуется протяженными производственными цепочками, высокой капиталоемкостью и сложными горно-геологическими условиями, что обусловливает ее традиционную инерционность в внедрении инновационных решений. Вместе с тем усиление глобальной конкуренции на рынках минерального сырья, ужесточение требований к промышленной безопасности и экологической ответственности, а также необходимость снижения издержек и повышения эффективности добычи формируют объективную потребность в переходе к цифровой трансформации как ключевому направлению модернизации горнодобывающих предприятий.

Проведенное исследование показывает, что современные модели управления горнодобывающими предприятиями, сформированные в условиях относительной стабильности сырьевых рынков, в настоящее время демонстрируют ряд системных ограничений. В условиях роста неопределенности и рисков традиционные подходы не обеспечивают требуемого уровня устойчивости, что подтверждается исследованиями, посвященными особенностям функционирования отрасли [1, 7].

Ключевой проблемой является фрагментарность управления производственными цепочками, при которой процессы разведки, добычи, транспортировки и переработки функционируют как слабо интегрированные подсистемы. Это приводит к рассогласованию управленческих решений и росту издержек, что также отмечается в работах по технологической модернизации отрасли [7].

Дополнительно выявлена низкая степень цифровой зрелости предприятий, проявляющаяся в отсутствии сквозной интеграции данных и использовании разрозненных информационных систем. В актуальных исследованиях авторы отмечают, что уровень цифровизации горнодобывающего при условии неравномерности, достаточно низким [2, 11]. Основной причиной является организационная инерционность, препятствующая внедрению инновационных решений и адаптации к изменениям внешней среды. В условия неопределенности, санкционных барьеров и технологических ограничений эта проблема остается достаточно острой [12].

Стоит заострить внимание на состоянии минерально-сырьевой базы. Учитывая снижение содержания полезных компонентов и ухудшение условий добычи, необходимо максимально ускорить внедрение технологически сложных решений и повышения точности управления производственными процессами [1]. В качестве достаточно серьезного препятствия, стоит отметить сохранение недостаточной интеграции экологических аспектов в систему управления, которое ограничивает возможности перехода к устойчивым моделям развития. Дальше, в исследования представлено, что экологическая составляющая часто рассматривается изолированно от производственных процессов [4, 9].

Анализ, представленный в табл. 1, показывает, что ограничения традиционных моделей управления горнодобывающими предприятиями носят комплексный и взаимосвязанный характер. Ключевыми из них являются фрагментация производственных процессов, низкий уровень цифровизации и организационная инерционность, что в совокупности приводит к снижению управляемости, росту издержек и повышению чувствительности предприятий к внешним воздействиям. Существенным фактором также выступает недостаточная интеграция экологических аспектов в систему управления, что ограничивает возможности достижения устойчивого развития.

Таким образом, выявленные ограничения формируют системный барьер для повышения эффективности и устойчивости функционирования горнодобывающих предприятий и обуславливают необходимость перехода к интегрированным цифровым моделям управления. В условиях выявленных ограничений цифровые технологии выступают ключевым фактором трансформации управления горнодобывающими предприятиями [3, 8].

Таблица 1

Ограничения традиционных моделей управления горнодобывающими предприятиями

Группа ограничений	Содержание	Последствия
Организационные	Фрагментация производственных процессов	Рост издержек, снижение координации
Технологические	Низкий уровень цифровизации	Ограниченная управляемость
Экономические	Зависимость от конъюнктуры	Рост рисков
Ресурсные	Усложнение добычи	Снижение эффективности
Экологические	Недостаточная интеграция *ESG*	Рост экологических рисков
Кадровые	Дефицит компетенций	Ограничение цифровизации

Таблица 2

Эффекты цифровизации горнодобывающих предприятий России (*KPI*, %)

Предприятие	Показатель	Было	Стало	Эффект
Норникель	Простои	12–15 %	8–10 %	↓ 25–35 %
СУЭК	Аварийность	базовый	–15–25 %	↓
АЛРОСА	Точность планирования	65–70 %	80–85 %	↑ 15–20 %
Металлоинвест	Издержки	100 %	85–92 %	↓ 8–15 %

На сегодня российские промышленные предприятия демонстрируют постепенный переход к внедрению цифровых решений. В частности, крупные предприятия внедряют системы диспетчеризации горных работ, мониторинга техники и автоматизированного управления технологическими процессами, что позволяет повысить прозрачность и управляемость производственных систем. Использование технологий промышленного интернета вещей и аналитики данных обеспечивает непрерывный мониторинг оборудования, что уже применяется на ряде российских предприятий для повышения надежности техники и снижения простоев [3, 10]. Это позволяет переходить к предиктивному обслуживанию и снижать эксплуатационные издержки.

Практика ведущих российских компаний демонстрирует переход к цифровым платформам управления, внедрение *IIoT*, аналитики данных и элементов цифровых двойников (см. табл. 2) [3, 8, 10].

Анализ представленных данных показывает, что внедрение цифровых технологий на ведущих горнодобывающих предприятиях приводит к устойчивому улучшению ключевых производственных и экономических показателей. Наиболее значительный эффект наблюдается в снижении простоев и аварийности оборудования (до 25–35 %), что свидетельствует о повышении надежности и эффективности эксплуатации техники. Также фиксируется рост показателя точности планирования (на 15–20 %) и снижение показателя операционных издержек (до 8–15 %). В результате это отражает повышение качества управленческих решений и оптимизацию производственных процессов. Вместе с тем подтверждая комплексное влияние цифровизации на деятельность предприятий, обеспечивает переход к более интегрированным и предиктивным моделям управления, что является ключевым фактором повышения устойчивости горнодобывающих компаний. Результаты табл. 2, отражающие эмпирические эффекты внедрения цифровых решений и требующие обобщения с позиций устойчивого развития, обусловливают необходимость перехода к формированию интегральной модели. В результате, модель должна будет раскрыть механизмы влияния цифровых технологий на производственные, экологические и управленческие аспекты деятельности предприятий.

В связи с этим на рис. 1 представлена схема интеграции цифровых решений в систему устойчивого развития горнодобывающих предприятий, отражающая взаимосвязь технологических инструментов, управленческих эффектов и результирующих показателей устойчивости.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что существующие модели управления горнодобывающими предприятиями характеризуются системными ограничениями, включая фрагментарность производственных процессов, низкий уровень цифровой интеграции и ограниченную адаптивность к внешним воздействиям [1, 7, 11]. Внедрение цифровых технологий позволяет преодолеть данные ограничения за счет формирования интегрированных и предиктивных моделей управления, обеспечивающих повышение производственной, экономической и экологической эффективности [3, 4, 8].

Количественные результаты и практика российских предприятий подтверждают, что цифровая

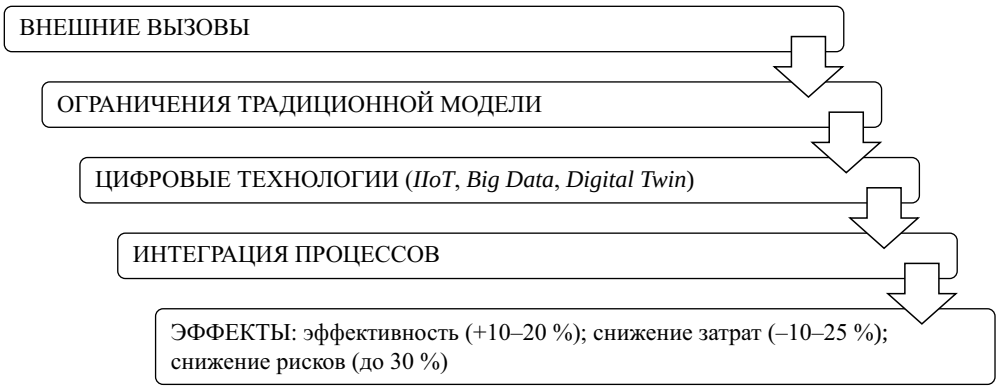


Рис. 1. Схема интеграции цифровых решений в систему устойчивого развития горнодобывающих предприятий

трансформация оказывает комплексное влияние на устойчивость, обеспечивая снижение издержек, повышение надежности и рост ресурсной эффективности [10, 13]. При этом максимальный эффект достигается при системной интеграции цифровых решений, охватывающей все уровни управления.

Вместе с тем выявлена необходимость дальнейшего научного осмысления вопросов оценки интегрального эффекта цифровизации, разработки моделей цифровой зрелости и совершенствования механизмов институциональной поддержки отрасли. Это определяет переход к рассмотрению направлений дальнейших исследований, направленных на углубление теоретических и прикладных аспектов устойчивого развития горнодобывающих предприятий в условиях цифровизации.

Проведенное исследование показывает, что цифровая трансформация является ключевым фактором обеспечения устойчивого развития горнодобывающих предприятий. Вместе с тем выявленные ограничения и неоднородность практики внедрения цифровых решений обусловливают необходимость дальнейшего углубления теоретико-методологических и прикладных исследований в данном направлении.

В рамках дальнейших исследований представляется целесообразным формирование системного подхода к интеграции цифровых технологий в деятельность горнодобывающих предприятий. Анализ существующей практики позволяет выделить следующие ключевые направления цифровой трансформации:

- производственное направление – внедрение технологий промышленного интернета вещей, автоматизации и цифровых двойников для повышения эффективности добычи и переработки;
- аналитическое направление – использование больших данных и предиктивной аналитики для оптимизации планирования и управления ресурсами;
- экологическое направление – цифровой мониторинг воздействия на окружающую среду и управление экологическими рисками;
- управленческое направление – внедрение интегрированных цифровых платформ и переход к *data-driven* моделям управления.

С учетом указанных направлений предлагается систематизация механизмов интеграции цифровых решений (см. табл. 3). На основании проведенного анализа, дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку инструментов комплексной интеграции цифровых решений, обеспечивающих синхронизацию технологических, управленческих и экологических процессов [4, 14].

Одним из ключевых направлений дальнейших исследований является формирование концептуальной модели цифровой трансформации горнодобывающих предприятий, учитывающей взаимосвязь технологических, экономических и экологических факторов устойчивости.

В отличие от существующих подходов, в рамках исследования предложена интеграционная модель,

Таблица 3

Направления и механизмы интеграции цифровых решений

Направление	Технологии	Механизмы интеграции	Ожидаемый эффект
Производственное	*IIoT*, автоматизация	Интеграция оборудования и систем	Снижение простоев
Аналитическое	*Big Data*, *AI*	Централизация данных	Повышение точности решений
Экологическое	Мониторинг	*ESG*-интеграция	Снижение воздействия
Управленческое	Цифровые платформы	Сквозное управление	Рост адаптивности

объединяющая технологические, управленческие и экологические компоненты в единую систему. Данная модель базируется на принципах:

- интеграция данных и процессов – объединение всех этапов производственной цепочки в единую цифровую среду;
- адаптивность управления – способность системы оперативно реагировать на изменения внешней среды;
- предиктивность – переход от реактивного к прогнозному управлению;
- устойчивость – баланс экономических, экологических и социальных эффектов.



Рис. 2. Концептуальная модель цифровой трансформации горнодобывающих предприятий

Представленная на рис. 2 модель отражает причинно-следственную взаимосвязь между внешними вызовами и ограничениями традиционных моделей управления, формируя основу для цифровой трансформации горнодобывающих предприятий. Воздействие рыночных, экологических и институциональных факторов обуславливает необходимость преодоления фрагментарности процессов, организационной инерционности и низкого уровня цифровизации.

Внедрение технологий промышленного интернета вещей, анализа больших данных и цифровых двойников обеспечивает формирование единой информационно-аналитической среды, позволяющей реализовать мониторинг, прогнозирование и моделирование производственных процессов. Это создает условия для интеграции производственного, экологического и управленческого контуров в единую систему, обеспечивающую повышение эффективности, снижение рисков и рост адаптивности, что в совокупности определяет устойчивое развитие предприятий.

Научная новизна модели заключается в интеграции цифровых технологий и концепции устойчивого развития в единую методологическую конструкцию, установлении взаимосвязи между цифровизацией и параметрами устойчивости, а также в обосновании цифровой платформы как системообразующего элемента трансформации и переходе к экосистемной модели управления [13]. Научный вклад состоит в развитии теории устойчивого промышленного развития через включение цифровизации как ключевого фактора адаптивности, формировании методологического подхода к интеграции цифровых решений и разработке концептуальной модели, применимой к горнодобывающей отрасли [6, 10].

Практическая значимость результатов определяется возможностью их использования при разработке стратегий цифровой трансформации, отраслевых программ устойчивого развития и инструментов промышленной политики, а также при оценке цифровой зрелости предприятий. Эмпирическая применимость модели подтверждается практикой ведущих российских компаний, таких как Норникель, СУЭК, АЛРОСА и Металлоинвест.

В целом дальнейшие исследования целесообразно направить на формализацию интеграционных механизмов цифровой трансформации в виде количественных моделей и индикаторов устойчивости, что позволит обеспечить переход к адаптивным моделям развития горнодобывающих предприятий в условиях цифровой экономики [5, 6, 10].

Выводы. 1. Проведенный анализ показывает, что процессы цифровой трансформации в российском горнодобывающем секторе характеризуются уникальными барьерами и возможностями, обусловленными как внешними факторами (геополитика, санкции, региональные ограничения), так и внутренними условиями (изношенность инфраструктуры, специфика государственной политики).

2. Для успешной реализации цифровой трансформации необходимы стратегическая согласованность между государственными инициативами и корпоративными программами развития, а также формирование единой цифровой стратегии, учитывающей специфику каждого предприятия.

3. Таким образом, становится очевидной необходимость комплексного подхода к цифровой трансформации горнодобывающих компаний России. Преодоление выявленных барьеров и реализация предложенных рекомендаций позволят не только повысить эффективность и безопасность производственных процессов, но и укрепить конкурентные позиции отрасли, обеспечив ее устойчивое развитие в условиях цифровой экономики и геополитических изменений. Актуальность научной проблемы и убедительность исследуемых положений подтверждают, что цифровая трансформация – это не просто тренд, а жизненно важный шаг для будущего горнодобывающей отрасли России.

4. Проведенное исследование позволяет выявить системные ограничения традиционных моделей управления горнодобывающими предприятиями, связанные с фрагментарностью производственных процессов, низким уровнем цифровой интеграции и ограниченной адаптивностью к внешним вызовам.

Список литературы

1. *Рыльникова М. В.* Условия и принципы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в период повышенных рисков и глобальных вызовов // Горная промышленность. 2022. № 3. С. 69–73.

2. *Яконовская Т. Б., Жигульская А. И.* Тенденции цифровизации в горнодобывающем секторе экономики РФ // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки. 2021. № 1 (24). С. 92–100.

3. *Балашов А. М.* Внедрение современных цифровых технологий на горнодобывающих предприятиях // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 83–86.

4. *Мышлецов А. И., Авруцкая С. Г.* Цифровые технологии и устойчивое развитие в горнодобывающей отрасли // Успехи в химии и химической технологии. 2023. Т. 37. № 1 (263). С. 55–59.

5. *Teece D. J.* Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance // Strategic Management Journal. 2007. Vol. 28. № 13. Pp. 1319–1350.

6. *Sachs J. D.* The Age of Sustainable Development. New York: Columbia University Press. 2015.

7. *Абрашитов А. Ю., Жаров В. С.* Эффекты и модели технологической модернизации горнодобывающего производства // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 4. С. 71–84.

8. *Мышлецов А. И., Авруцкая С. Г.* Внедрение цифровых технологий в горнодобывающей отрасли // Успехи в химии и химической технологии. 2022. Т. 36. № 1 (250). С. 70–73.

9. *Моттаева А. Б.* Перспективы цифровой трансформации горнодобывающей промышленности // КШП. ОМД. 2024. № 6. С. 91–107.

10. *Ланьшина Т. А., Баринова В. А., Кондратьев А. Д., Романцов М. В.* Устойчивое развитие и цифровизация: необычный кризис COVID-19 требует оригинальных решений // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. 2020. Т. 15. № 4. С. 91–114.

11. *Сулимов М. Ю.* Цифровая трансформация в горнодобывающем секторе России: особенности и стратегические подходы // Горная промышленность. 2025. № 4. С. 104–108.

12. *Лютягин Д. В., Яшин В. П., Забайкин Ю. В., Якунин М. А.* Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 7–1. С. 147–159.

13. *Моттаева А. Б., Крупнов Ю. А.* Цифровые платформы как драйверы устойчивого экономического развития горных компаний // Горная промышленность. 2026. № 1. С. 74–82.

14. *Илюхин А. Н., Дивина Т. В.* Цифровизация в горнодобывающем секторе Российской Федерации в условиях санкций // Форпост науки. 2025. Т. 19. № 1. С. 22–31.

15. *Прядко И. П., Магина А. И.* Политика импортозамещения в оценке участников социологического опроса: цифры и факты // Экономика и предпринимательство. 2020. № 11 (124). С. 149–154.

References

1. Rylnikova M. V. Conditions and principles of sustainable development of mining enterprises in the period of increased risks and global challenges. *Russian Mining Industry*, 2022, no. 3, pp. 69–73.

2. Yakonovskaya T. B., Zhigulskaya A. I. Digitalization trends in the mining sector of the Russian economy. *Vestnik of Tver State Technical University. Series: Social Sciences and Humanities*, 2021, no. 1 (24), pp. 92–100.

3. Balashov A. M. Implementation of modern digital technologies at mining enterprises. *Russian Mining Industry*, 2022, no. 6, pp. 83–86.

4. Myshletsov A. I., Avrutskaya S. G. Digital technologies and sustainable development in the mining industry. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 2023, vol. 37, no. 1 (263), pp. 55–59.

5. Teece D. J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 2007, vol. 28, no. 13, pp. 1319–1350.

6. Sachs J. D. *The Age of Sustainable Development*. New York, Columbia University Press, 2015.

7. Abrashitov A. Yu., Zharov V. S. Effects and models of technological modernization of mining production. *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka*, 2023, no. 4, pp. 71–84.

8. Myshletsov A. I., Avrutskaya S. G. Implementation of Digital Technologies in the Mining Industry. *Advances in Chemistry and Chemical Technology*, 2022, vol. 36, no. 1 (250), pp. 70–73.

9. Mottaeva A. B. Prospects for the Digital Transformation of the Mining Industry. *Forging and Stamping Production. Material Working by Pressure*, 2024, no. 6, pp. 91–107.

10. Lanshina T. A., Barinova V. A., Kondratyev A. D., Romantsov M. V. Sustainable Development and Digitalization:

The Unusual COVID-19 Crisis Requires Original Solutions. *International Organisations Research Journal*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 91–114.

11. Sulimov M. Yu. Digital Transformation in the Russian Mining Sector: Features and Strategic Approaches. *Russian Mining Industry*, 2025, no. 4, pp. 104–108.

12. Lyutyagin D. V., Yashin V. P., Zabaikin Yu. V., Yakunin M. A. Features and Trends of the Digital Transformation of the Russian Mining Industry. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 2019, vol. 9, no. 7–1, pp. 147–159.

13. Mottaeva A. B., Krupnov Yu. A. Digital Platforms as Drivers of Sustainable Economic Development of Mining Companies. *Russian Mining Industry*, 2026, no. 1, pp. 74–82.

14. Ilyukhin A. N., Divina T. V. Digitalization in the Mining Sector of the Russian Federation under Sanctions. *Science Outpost*, 2025, vol. 19, no. 1, pp. 22–31.

15. Pryadko I. P., Magina A. I. Import Substitution Policy as Assessed by Participants of a Sociological Survey: Facts and Figures. *Economy and Entrepreneurship*, 2020, no. 11 (124), pp. 149–154.

УДК 339.138:332.1

Н. А. ПАТУТИНА, д-р пед. наук; В. С. КУДРЯШОВ, С. П. ИВАНОВА, кандидаты экономич. наук; С. А. ДЖЕНДУБАЕВА, канд. юр. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: vskudryashov@fa.ru
N. A. Patutina, V. S. Kudryashov, S. P. Ivanova, S. A. Dzhendubaeva (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Анализ основных подходов к оценке маркетингового потенциала креативных кластеров

Analysis of the main approaches to assessing the marketing potential of creative clusters

Статья посвящена исследованию маркетингового потенциала креативных кластеров как ключевого элемента стратегий регионального и городского развития. Авторы анализируют пять методологических подходов к оценке потенциала: ресурсно-функциональный (фокус на материальных и нематериальных активах), имиджево-коммуникационный (роль цифровых медиа и брендинга), ценностно-ориентированный (социально-культурное влияние), институциональный (внешние регуляторные условия) и интегральный (комплексная модель). На примере креативных кластеров продемонстрированы сильные стороны и ограничения каждого метода. Особое внимание уделяется необходимости синтеза подходов для преодоления фрагментарности оценок. Интегральный подход, объединяющий количественные и качественные метрики, представлен как инструмент для прогнозирования устойчивости кластеров в условиях динамичной среды. Результаты исследования подчеркивают, что успешное развитие креативных кластеров требует баланса между внутренними ресурсами, управлением имиджем, адаптацией к институциональным изменениям и трансляцией социально-культурных ценностей. Работа адресована исследователям, управленцам и урбанистам, заинтересованным в превращении креативных пространств в точки экономического роста и культурной идентичности.

The article is devoted to the study of the marketing potential of creative clusters as a key element of regional and urban development strategies. The authors analyze five methodological approaches to assessing potential: resource-functional (focus on tangible and intangible assets), image-communication (the role of digital media and branding), value-oriented (socio-cultural influence), institutional (external regulatory conditions) and integral (integrated model). Using the example of creative clusters, the strengths and limitations of each method are demonstrated. Special attention is paid to the need to synthesize approaches to overcome the fragmentation of assessments. An integral approach combining quantitative and qualitative metrics is presented as a tool for predicting cluster stability in a dynamic environment. The results of the study emphasize that the successful development of creative clusters requires a balance between internal resources, image management, adaptation to institutional changes and the translation of socio-cultural values. The work is aimed at researchers, managers and urbanists interested in turning creative spaces into points of economic growth and cultural identity.

Ключевые слова: креативные кластеры; маркетинговый потенциал; интегральный подход; устойчивое развитие; ресурсно-функциональный анализ; имиджевые стратегии; институциональные факторы; социально-культурные ценности.

Keywords: creative clusters; marketing potential; integrated approach; sustainable development; resource-functional analysis; image strategies; institutional factors; socio-cultural values.

Влияние креативных индустрий на экономику и занятость трудно переоценить. Они формируют заметную долю валовой добавленной стоимости в наиболее развитых странах и городах мира. Научная дискуссия вокруг этой проблематики не утихает уже не одно десятилетие: исследователи спорят и о содержании базовых понятий («креативная индустрия», «креативный кластер», «креативный город»), и о том, как корректно измерить реальный вклад этих секторов в жизнь территорий. При этом – и тут кроется парадокс – прикладных маркетинговых работ, посвященных моделям развития креативных образований или потребительскому поведению на рынке креативных продуктов, по-прежнему мало. Крупнейшие мегаполисы планеты давно делают ставку на креативные индустрии, превратив их в стержень территориальных маркетинговых стратегий. Но потенциал этого сектора завязан прежде всего на интеллектуальный капитал, а значит, он доступен не только мировым столицам. Города поменьше вполне способны вырастить собственные креативные кластеры – при условии, что сумеют создать среду, благоприятную для людей с навыками, идеями и талантом [1].

Само понятие креативных индустрий за последние двадцать лет проделывает головокружительный путь: из нишевого термина оно превращается в многоаспектную межотраслевую категорию, которая требует серьезной концептуальной проработки. Содержание, назначение, масштаб влияния на национальную и мировую экономику – все это стремительно эволюционирует, причем темпы перемен временами опережают способность академического сообщества их осмыслить [2]. На фоне глобальной экономической трансформации, когда креативные индустрии все чаще воспринимаются как двигатель инноваций, изучение маркетингового потенциала креативных кластеров приобретает вполне осязаемую практическую ценность. Эти пространства – на стыке творчества, технологий и культуры – порождают новые экономические модели и одновременно запускают социально-культурные сдвиги. Их умение генерировать нестандартные продукты, притягивать капитал и укреплять городскую идентичность делает кластеры незаменимым элементом региональных стратегий. Вот только оценивать их потенциал непросто: слишком много факторов переплетается – от материальных и нематериальных активов до коммуникационных тактик, институциональных рамок и ценностных установок.

Здесь и возникает запрос на синтез. Ресурсно-функциональный метод вскрывает «анатомию» кластера – его инфраструктурный и кадровый каркас. Имиджево-коммуникационный показывает, как работает цифровой след и медиастратегии. Ценностно-ориентированный разбирается с социально-культурным слоем, институциональный – с внешними условиями игры. Беда в том, что каждый из этих методов в отдельности дает лишь фрагмент картины. Отсюда возникает потребность в интегральных моделях, способных ухватить синергию между внутренними ресурсами, внешним контекстом и ожиданиями аудиторий.

Борьба за туристов, инвесторов и таланты на глобальных рынках становится все жестче. Понимать текущее положение кластера уже недостаточно, нужно уметь прогнозировать его устойчивость. Именно это превращает исследование маркетингового потенциала из чисто академической задачи в рабочий инструмент для тех, кто управляет городами, регионами и творческими территориями. Если попытаться дать определение, то маркетинговый потенциал креативного кластера – это его совокупная способность выстраивать устойчивые конкурентные преимущества, опираясь на внутренние ресурсы (и материальные, и нематериальные), коммуникационные стратегии, институциональную среду и ту ценность, которую кластер создает для своих аудиторий. Оценить такой потенциал можно только через сочетание разных методологий: объективные показатели здесь идут рука об руку с субъективным восприятием. Исследователи на сегодняшний день выделяют несколько подходов, и каждый высвечивает свою грань функционирования кластера (см. рисунок).

Подходы, сведенные в табл. 1, убедительно показывают, насколько многомерна оценка маркетингового потенциала. Каждый метод берет свой срез. Но отправной точкой – и это логично – служит ресурсно-функциональный подход: он задает рамку, внутри которой уже разворачиваются все остальные. Почему именно он? Потому что без предварительного аудита внутренних возможностей трудно судить

об эффективности коммуникаций или институциональных условий. Разбор этого подхода не только раскрывает механику формирования конкурентных преимуществ, но и создает точку отсчета – базу для сопоставления с другими методами, каждый из которых достраивает общую картину.

Суть ресурсно-функционального подхода – системный взгляд на материальные и нематериальные активы кластера. Инструментарий позволяет выявить внутренние резервы и понять, каким образом они конвертируются в конкурентные преимущества. В отличие от имиджевых или институциональных методов, фокус здесь – на «ядре»: кадрах, инфраструктуре, брендах, финансовых механизмах. По сути, речь идет о фундаменте стратегического планирования (см. табл. 1).



Рисунок. Сравнительный анализ подходов к оценке маркетингового потенциала

Таблица 1

Ключевые аспекты ресурсно-функционального подхода к оценке маркетингового потенциала

№	Тип ресурсов	Примеры	Вклад в маркетинговый потенциал	Методы оценки
1	Материальные	Архитектурные объекты, оборудование, бюджет	Формируют основу для визуальной привлекательности и финансовой устойчивости	Проведение визуального аудита и сравнение с конкурентными объектами; расчет рентабельности инвестиций в инфраструктуру (*ROI*); отслеживание посещаемости и загруженности площадок
2	Нематериальные	Экспертиза сотрудников, бренд, патенты	Создают уникальность, стимулируют инновации и лояльность аудитории	Оценка компетенций персонала через *KPI* (количество проектов, оформленных патентов); измерение узнаваемости бренда (опросы, *NPS*); анализ активности аудитории в соцсетях и медиапространстве
3	Институциональные	Гранты, льготы, партнерские соглашения	Гарантируют стабильность и расширение возможностей	Определение эффективности привлеченных средств (соотношение грантов к затратам); изучение партнерской сети (число коллабораций, глубина взаимодействия); оценка финансовой стабильности (ликвидность, платежеспособность)

Концептуальные корни подхода уходят к Майклу Портеру, для которого кластеры – это концентрированные системы взаимосвязанных компаний и институтов; именно синергия ресурсов, по Портеру, рождает конкурентные преимущества [3]. Чтобы не оставаться в абстракции: архитектурно-пространственные особенности кластера – лофты, артфабрики, бывшие промзоны – работают не только на привлечение талантов, но и на позиционирование. Они становятся, если угодно, «физической оболочкой» бренда. Ричард Флорида развивает эту линию, убедительно показав, что главный двигатель инноваций – человеческий капитал, прежде всего так называемый креативный класс [4]. Там, где высока концентрация дизайнеров, *IT*-специалистов, художников, чаще рождаются продукты, способные выйти на глобальный рынок. Это не теоретическая фантазия – эмпирика подтверждает.

Впрочем, ресурсно-функциональный подход интересен не только теорией. Соколов А. В. в своих работах показывает, что на ранних этапах жизни кластера аудит активов – это критический шаг, без которого стратегия рискует быть построенной на песке [5]. Возьмем петербургские «Этажи»: историческое складское здание (материальный ресурс) плюс сложившаяся сеть местных художников (нематериальный ресурс) позволяют выстроить стратегию на пересечении коммерческих выставок и образовательных программ. Результат – рост узнаваемости и приток инвестиций в реконструкцию.

Но подход честен и в отношении «болевых точек». Чрезмерная привязка к институциональным стимулам – грантам, налоговым льготам – чревата стагнацией, если кластер не выстраивает собственные коммерческие механизмы. Соколов А. В. приводит московский *ARTPLAY* как пример удачного баланса: государственная поддержка там с самого начала сочетается с частными инвестициями, что дает гибкость при колебаниях спроса. В общем, ресурсно-функциональный анализ – хорошая стартовая позиция для маркетинговой стратегии, но далеко не конечная. На этапе запуска он незаменим для «инвентаризации» того, что есть. Для зрелых же кластеров без интеграции с имиджевыми и ценностными подходами далеко не уедешь.

Далее – о публичном образе. Формирование имиджа креативного кластера нельзя свести к банальному управлению информационным потоком. Это куда более тонкая работа: конструирование смыслов, которые попадают в ожидания целевых аудиторий. Имиджево-коммуникационный подход разбирается именно с этим – как визуальная идентичность, цифровой контент, медийные стратегии превращаются (или не превращаются) в конкурентные преимущества. Здесь в центре – не внутренняя кухня кластера, а его отражение «снаружи»: в социальных сетях, СМИ, в разговорах людей между собой. В эпоху, когда цифровой след во многом определяет рыночную позицию, это не менее важно, чем состояние инфраструктуры (см. табл. 2).

Теоретический фундамент здесь закладывает Левин Е. С., продемонстрировавший, что ассоциации вокруг бренда кластера складываются отнюдь не только через официальные каналы – неформальные сети играют не меньшую, а порой и бóльшую роль [6]. Московский «Винзавод» – хороший пример: пользовательский контент, прежде всего фотографии посетителей в соцсетях, давно становится неотъем-

Таблица 2

Инструменты и эффекты имиджево-коммуникационного подхода в контексте оценки маркетингового потенциала

№	Элемент коммуникации	Методы анализа	Влияние на имидж	Методы оценки маркетингового потенциала
1	Визуальная идентичность	Анализ логотипов, цветовой палитры, дизайна	Повышает узнаваемость и запоминаемость бренда	Оценка уровня запоминаемости бренда (опросы на узнаваемость); тестирование визуального восприятия с помощью *eye-tracking*; расчет *ROI* инвестиций в бренд-дизайн
2	Контент в социальных сетях	Контент-анализ, оценка *Engagement Rate* (*ER*)	Укрепляет эмоциональную связь с аудиторией	Мониторинг охвата публикаций и количества показов; расчет вовлеченности (лайки, комментарии, репосты); анализ стоимости контакта (*CPM*) и лида (*CPL*)
3	Медиа-упоминания	Мониторинг СМИ, анализ тональности текстов	Контролирует репутацию и снижает риски негатива	Определение доли голоса бренда в медиапространстве; оценка эмоциональной окраски упоминаний; подсчет частоты и охвата упоминаний в разных каналах
4	Сарафанное радио	Опросы клиентов, анализ социальных связей	Стимулирует органический рост лояльности	Измерение индекса лояльности *Net Promoter Score* (*NPS*); оценка доли клиентов, пришедших по рекомендациям; анализ тональности и объема пользовательских отзывов

лемой частью визуального нарратива площадки, создавая у аудитории ощущение соучастия. Левин справедливо замечает, что в цифровую эпоху даже камерная история, рассказанная в сторис или блоге, способна повлиять на глобальное восприятие кластера. Работа Смирновой А. А. и Петровой И. С. добавляет к этому еще один слой: коммуникация должна быть двусторонней, иначе она быстро теряет смысл [7]. Авторы разбирают кейс «Красного Октября», где обратная связь от посетителей, полученная через фокус-группы, привела к переосмыслению навигации и дизайна пространства. Критика, которая могла бы стать репутационным ударом, превращена в инструмент улучшения. Любопытно, что те же исследователи обращают внимание на ловушку алгоритмов: хэштеги, привязанные к кластеру, нередко приводят нецелевую аудиторию, и стратегию приходится корректировать на лету.

На практике подход не сводится к мониторингу упоминаний. Анализ эмоционального тона контента – скажем, с помощью *NLP*-технологий – вскрывает неочевидные закономерности. Характерен случай петербургской «Артмузы»: частые упоминания «камерности» и «уютности» в отзывах оказываются не комплиментом, а расхождением с желаемым образом «инновационного хаба». Команда пересмотрела контент-стратегию, сделав акцент на сторис с мастер-классами цифровых художников – и восприятие сдвигается в нужную сторону.

Правда, есть и обратная сторона. Слепая погоня за цифровыми метриками – лайками, охватами – чревата потерей аутентичности. Кластер, пытающийся угодить алгоритмам соцсетей, рискует превратиться в очередной тиражируемый шаблон. Возникает парадокс: стремление к виральности вступает в конфликт с необходимостью сохранять культурную уникальность. Так что эффективность имиджево-коммуникационного подхода – это всегда баланс между аналитикой и творческим сторителлингом. Для кластеров, нацеленных на масштабирование, он незаменим, однако без ценностной прививки грозит обернуться «цифровой пустотой».

Перейдем к ценностно-ориентированному подходу, а он, пожалуй, наименее формализуем из всех. Речь идет о том, как ценности кластера – от поддержки малого предпринимательства до сохранения культурного наследия – превращаются в его маркетинговую привлекательность. Тут уже не про ресурсы и не про имидж напрямую, а про то, каким образом взаимодействие участников экосистемы порождает синергию, благодаря которой локальные инициативы начинают притягивать глобальную аудиторию (см. табл. 3).

Исследования Васильева П. К. показывают кое-что важное: кластеры, вписанные в культурный контекст территории, порождают «двойную ценность» – для туриста это точка притяжения, для местного жителя – способ сохранить идентичность [8]. Соколова М. А. при этом справедливо указывает, что сама по себе

Таблица 3

Ценностно-ориентированный подход и методы оценки маркетингового потенциала креативного кластера

№	Категория ценности	Проявления	Инструменты анализа	Методы оценки маркетингового потенциала
1	Социальная	Развитие локальных сообществ, создание рабочих мест	Социологические опросы, анализ статистики занятости	Расчет уровня вовлеченности жителей (*Program Participation Rate*) и динамика участия в мероприятиях; оценка лояльности стейкхолдеров через *Net Promoter Score* (*NPS*); анализ частоты и эмоциональной окраски упоминаний социальных проектов в СМИ и соцсетях
2	Экономическая	Увеличение доходов малого бизнеса, приток инвестиций	Экономическая отчетность, *ROI*-анализ	Расчет окупаемости маркетинговых вложений (*Return on Investment*, *ROI*) и стоимости привлечения клиентов (*Customer Acquisition Cost*, *CAC*); определение пожизненной ценности клиента (*Customer Lifetime Value*, *CLV*); доля инвестиций в развитие кластера относительно общего бюджета
3	Культурная	Сохранение наследия, поддержка арт-резиденций	Контент-анализ, экспертные заключения	Подсчет посещаемости культурных мероприятий и анализ роста аудитории; оценка культурного вклада через брендинг-аудиты и отчеты экспертов; учет цитирований в туристических гидах и профильных изданиях (*Citation Index*)
4	Символическая	Формирование уникального имиджа территории	Фокус-группы, кейс-стади	Анализ упоминаемости бренда города в академических и медиаисточниках; позиция в рейтингах (например, *City Brand Index*); оценка эмоционального восприятия через анализ ассоциаций (*sentiment*-анализ)

культурная ценность не монетизируется автоматически. Экономический эффект зависит от умения превращать культурный капитал в рыночные продукты: будь то сувениры с национальным орнаментом или онлайн-курсы ремесел [9]. На практике подход требует выхода за рамки цифр. Вот пример: в московском «Хлебозаводе» *NLP*-анализ отзывов выявляет неожиданную вещь – упоминания «атмосферы 90-х» читаются не как ностальгия, а как претензия к устаревшей инфраструктуре. Команда перестраивает коммуникацию, сделав ставку на «ретрофутуризм» – винтажный дизайн, дополненный цифровыми инсталляциями. Итог – 40%-ный рост медиаупоминаний и увеличение среднего времени визита.

Стоит отметить и роль подхода в управлении конфликтами. Нижегородский «Арсенал» сталкивается с протестами жителей, недовольных коммерциализацией исторического здания. Через фокус-группы – с горожанами, урбанистами, бизнесом – найдена модель «соучаствующего развития»: часть арендных доходов направляется на реставрацию памятника. Это разряжает обстановку и одновременно усиливает позиционирование кластера как социально ответственного проекта.

Институциональный подход сосредоточен на внешних связях: государственная поддержка, сотрудничество с университетами, включенность в стратегические программы – все это становится ключевыми переменными маркетингового потенциала. Здесь не столько про то, что у кластера «внутри», сколько про «правила игры», которые задают институты и которые определяют траекторию его развития (см. табл. 4).

Третьяк О. А. в своих эмпирических работах убедительно демонстрирует: кластеры, вшитые в региональные стратегии, получают не только деньги, но и доступ к лоббистским ресурсам [10]. А это возможность влиять на регулирование: упрощение визовых процедур для зарубежных художников, налоговые каникулы для стартапов и тому подобное. Но, как предупреждает Лебедева Н. Н., зависимость от государственных программ – палка о двух концах. Формируется то, что она метко называет «синдромом грантоедства»: кластеры начинают подстраиваться под формальные критерии финансирования, теряя коммерческую изворотливость [11].

Практика работы с этим подходом – это, прежде всего, анализ документов: от муниципальных постановлений до меморандумов о партнерстве. Показателен опыт московского «Флакона»: в 2010-е гг. отсутствие четкого законодательного статуса «креативной территории» тормозит привлечение зарубежных резидентов. Ситуация изменяется, когда кластер входит в федеральную программу «Креативные города», что открывает возможности для легализации коворкингов и рекламных кампаний при поддержке Минкультуры. Отдельный любопытный момент – институциональный подход работает и на репутацию.

Итого: институциональный подход проливает свет на «невидимые» внешние механизмы, формирующие маркетинговые возможности. Для кластеров с экспортными или технологическими амбициями он критичен. Но работает – только если кластер удерживает баланс между зависимостью от институтов и собственной инициативой.

Теперь перейдем к интегральному подходу, и здесь, пожалуй, самое интересное. Ни один из рассмотренных методов по отдельности не в состоянии охватить всю сложность креативного кластера как объекта анализа. Интегральный подход предлагает панорамный взгляд: ресурсный, имиджевый, ин-

Таблица 4

Институциональные факторы и методы оценки маркетингового потенциала креативного кластера

№	Фактор	Формы проявления	Эффект для кластера	Методы оценки маркетингового потенциала
1	Нормативно-правовая база	Налоговые льготы, упрощенные схемы регистрации бизнеса	Снижает барьеры для стартапов, стимулирует их рост	Расчет индекса легкости ведения бизнеса (оценка регуляторной среды); анализ времени и стоимости оформления разрешений; процент стартапов, воспользовавшихся льготами
2	Государственные программы	Финансовая поддержка (гранты, субсидии), развитие инфраструктуры	Повышает инвестиционную привлекательность	Соотношение объема грантов к бюджету кластера; окупаемость субсидий (*ROI* на рубль вложений); количество завершенных проектов в рамках программ
3	Научно-образовательная интеграция	Партнерство с вузами: совместные исследования, стажировки	Укрепляет кадровый потенциал и доступ к инновациям	Количество совместных патентов и публикаций; доля выпускников, трудоустроившихся в кластере; число совместных мероприятий (семинары, конференции)
4	Межрегиональное сотрудничество	Коллаборации с другими регионами: ассоциации, совместные проекты	Расширяет рынки сбыта и географию инвесторов	Количество межрегиональных проектов; доля выручки от внешних рынков; индекс разнообразия клиентской и инвестиционной базы

Таблица 5

Компоненты интегрального подхода и методы оценки маркетингового потенциала кластера

№	Методологический элемент	Примеры показателей	Источник данных	Методы оценки маркетингового потенциала
1	Ресурсно-функциональный	Доля инновационных стартапов, бюджет на НИОКР	Финотчеты, аудит ресурсов	Расчет окупаемости вложений в НИОКР (*ROI*) и эффективности использования активов; анализ загруженности площадок через данные датчиков (трафик, время посещения); подсчет патентной активности как индикатора инноваций
2	Имиджево-коммуникационный	Эмоциональная окраска упоминаний, уровень вовлеченности (*ER*)	Соцсети, СМИ, анализ тональности	Интегральный индекс эмоциональной оценки (*Composite Sentiment Score*); доля медиаприсутствия (*Share of Voice*) и охват хештегов; взвешенный уровень вовлеченности (*ER*) в мультиканальном контексте
3	Ценностно-ориентированный	Индекс социального воздействия, вклад в культуру	Опросы, экспертиза, кейсы	Оценка социального возврата инвестиций (*Social ROI*) через связь затрат и роста лояльности; индекс лояльности аудитории (*Net Promoter Score*, *NPS*); учет цитирований в культурных гидах (*Citation Index*)
4	Институциональный	Число госпрограмм, межрегиональные проекты	Нормативные акты, интервью	Доля госфинансирования в бюджете (*Grant-to-Budget Ratio*); индекс качества регуляторной среды (*Regulatory Quality Index*); оценка партнерств по количеству и глубине коллабораций

ституциональный и ценностный аспекты сводятся в единую систему метрик. Это не механическая сумма, а синергия, где количественные показатели (посещаемость, объемы инвестиций) дополняются качественными (культурный вклад, восприятие аудиторией). Получается динамичная модель оценки, а не застывший набор индикаторов (см. табл. 5).

Лебедева Н. Н. – и это, пожалуй, одно из самых точных наблюдений в рассматриваемой литературе – показывает, что кластеры, оцениваемые только через одну призму (скажем, ресурсную), неизбежно страдают от «синдрома слепых зон» [11]. Сколково первых лет – яркая иллюстрация: масштабные вложения в инфраструктуру при полном игнорировании ценностного компонента оборачиваются критикой за оторванность от реальных потребностей бизнеса.

Вывод. Нужно гибкое сочетание методологий. Ресурсно-функциональный анализ логичнее всего использовать как стартовую точку, интегральный подход – как стратегический ориентир. Устойчивость креативных кластеров достигается через синтез: внутренние активы, грамотно выстроенный цифровой имидж, адаптация к институциональным переменам, трансляция социально-культурных ценностей. Именно этот синтез превращает кластеры из просто экономических площадок в элементы городской идентичности и инновационной экосистемы.

Список литературы

1. *Королева А. А.* Маркетинговый анализ потенциала креативных индустрий городской среды // Креативная экономика. 2017. Т. 11. № 4. С. 445–456.

2. *Наумова О. Н.* Кластеризация креативных индустрий в развитии региональной экономики // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2023. Т. 14. № 2. С. 81–90.

3. *Портер М.* Кластеры и конкуренция: новые ориентиры // Гарвардский бизнес-обзор. 1998. № 6. С. 15–28.

4. *Флорида Р.* Креативный класс: люди, которые меняют будущее. М.: Классика-XXI. 2002. 430 с.

5. *Соколов А. В.* Ресурсный потенциал кластеров. Москва: Менеджмент. 2015. 256 с.

6. *Левин Е. С.* Медиастратегии креативных кластеров. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета. 2013. 180 с.

7. *Смирнова А. А., Петрова И. С.* Цифровая репутация в управлении брендом. Москва: Экономика. 2015. 312 с.

8. *Васильев П. К.* Социальная ценность креативных пространств. СПб: Издательство «Культурология». 2014. 145 с.

9. *Соколова М. А.* Экономика креативных индустрий. Москва: Финансы. 2016. 198 с.

10. *Третьяк О. А.* Институциональные аспекты развития кластеров. М.: ИНФРА-М. 2017. 224 с.

11. *Лебедева Н. Н.* Устойчивость креативных кластеров: региональный контекст // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2018. № 3. С. 45–67.

References

1. Koroleva A. A. Marketing analysis of the potential of creative industries in the urban environment. *Creative Economy*, 2017, vol. 11, no. 4, pp. 445–456.

2. Naumova O. N. Clustering of creative industries in the development of regional economy. *Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2023, vol. 14, no. 2, pp. 81–90.

3. Porter M. Clusters and competition: new orientations. *Harvard Business Review*, 1998, no. 6, pp. 15–28.

4. Florida R. *Kreativnyj klass: lyudi, kotorye menyayut budushchee* [The Creative Class: People Who Are Changing the Future]. Moscow, Klassika-XXI, 2002, 430 p.

5. Sokolov A. V. *Resursnyj potencial klasterov* [Resource Potential of Clusters]. Moscow, Menedzhment, 2015, 256 p.

6. Levin E. S. *Mediastrategii kreativnykh klasterov* [Media Strategies of Creative Clusters]. St. Petersburg, St. Petersburg State University Publ., 2013, 180 p.

7. Smirnova A. A., Petrova I. S. *Tsifrovaya reputatsiya v upravlenii brendom* [Digital Reputation in Brand Management]. Moscow, Ekonomika, 2015, 312 p.

8. Vasil'ev P. K. *Sotsial'naya tsennost' kreativnykh prostranstv* [Social Value of Creative Spaces]. St. Petersburg, Kul'turologiya Publ., 2014, 145 p.

9. Sokolova M. A. *Ekonomika kreativnykh industrij* [Economics of Creative Industries]. Moscow, Finansy, 2016, 198 p.

10. Tret'yak O. A. *Institutsional'nye aspekty razvitiya klasterov* [Institutional Aspects of Cluster Development]. Moscow, INFRA-M, 2017, 224 p.

11. Lebedeva N. N. Sustainability of creative clusters: regional context. *Lomonosov Economics Journal*, 2018, no. 3, pp. 45–67.

УДК 338.47:330.322

М. Н. ХАРИТОНОВА, Ю. В. ВЕСЕЛОВА, С. В. ЧЕКУЛДОВА, кандидаты экономич. наук (Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Нижний Новгород); Ю. В. ДВОРНИКОВА, канд. экономич. наук (Одинцовский филиал МГИМО МИД РФ, г. Одинцово)
E-mail: y.dvornikova@odin.mgimo.ru
M. N. Kharitonova, Yu. V. Veselova, S. V. Chekuldova (Volga State Transport University, Nizhny Novgorod); Yu. V. Dvornikova (Odintsovo branch of MGIMO University, Odintsovo)

Моделирование оптимальной динамики инвестиций в транспортную инфраструктуру

Modeling of optimal investment dynamics in transport infrastructure

Транспортная инфраструктура выступает критическим фактором социально-экономического развития регионов, определяя доступность базовых услуг, формируя каркас территориального планирования и катализируя деловую активность. В условиях ограниченности бюджетных ресурсов и необходимости обоснования долгосрочных капиталовложений актуализируется задача математического моделирования оптимальных траекторий инвестирования. Разрабатывается модель оптимального управления динамикой инвестиций в транспортную инфраструктуру на основе вариационного исчисления. Методология базируется на синтезе производственной функции, учитывающей накопленный капитал и трудовые ресурсы, с аппаратом классического вариационного исчисления для определения экстремальных траекторий. Применяется метод дисконтированного функционала капиталовооруженности с последующим решением уравнения Эйлера. В результате получается однородное дифференциальное уравнение второго порядка, определяющее оптимальную траекторию капиталовооруженности с учетом нормы амортизации, темпа изменения трудовых ресурсов и коэффициента дисконтирования. Предлагается интеграция модели с системой частных показателей эффективности (транспортных, экономических, социальных, инфраструктурных), позволяющая комплексно оценивать отдачу инвестиций. Показывается влияние коэффициента дисконтирования на форму оптимальной траектории: его увеличение смещает кривую в сторону более быстрого получения отдачи. Практическая значимость определяется возможностью использования модели при формировании региональных инвестиционных программ развития транспортного комплекса в контексте реализации национальных проектов «Инфраструктура для жизни» и «Эффективная транспортная система».

Transport infrastructure serves as a critical factor in regional socio-economic development, determining accessibility to basic services, shaping the territorial planning framework, and catalyzing business activity. Under conditions of limited budget resources and the need to justify long-term capital investments, the task of mathematical modeling of optimal investment trajectories becomes increasingly relevant. The study aims to develop a model of optimal investment dynamics

management in transport infrastructure based on the calculus of variations. The methodology is based on the synthesis of a production function considering accumulated capital and labor resources with the apparatus of classical calculus of variations for determining extremal trajectories. The discounted functional of capital-labor ratio method is applied with subsequent solution of the Euler equation. As a result, a second-order homogeneous differential equation is obtained, determining the optimal capital-labor ratio trajectory considering depreciation rate, labor resource change rate and discount coefficient. Integration of the model with a system of partial efficiency indicators (transport, economic, social, infrastructural) is proposed, allowing comprehensive assessment of investment returns. The influence of the discount coefficient on the optimal trajectory shape is demonstrated: its increase shifts the curve toward faster returns. Practical significance is determined by the possibility of using the model in forming regional investment programs for transport complex development.

Ключевые слова: транспортная инфраструктура; оптимизация инвестиций; вариационное исчисление; региональное развитие; мультипликативный эффект; капиталовооруженность; уравнение Эйлера.

Keywords: transport infrastructure; investment optimization; calculus of variations; regional development; multiplier effect; capital-labor ratio; Euler equation.

Устойчивое развитие региональных экономических систем в современных условиях детерминируется состоянием и динамикой транспортной инфраструктуры, которая перестает восприниматься исключительно как технический комплекс, трансформировавшись в мультифункциональный инструмент пространственной и экономической интеграции [1]. Согласно данным *McKinsey Global Institute*, к 2040 г. глобальные инвестиции в транспортную инфраструктуру достигнут 36 трлн долл., составив около трети совокупных инфраструктурных вложений [2]. В РФ вклад транспорта в экономику в 2024 г. составляет 13 трлн руб., а объем инвестиций достигает 4,8 трлн руб., из которых порядка 60 % направляется на дорожное хозяйство и железнодорожный транспорт [3]. Вместе с тем среднегодовые инвестиции в транспортную инфраструктуру России остаются в 1,4 раза ниже среднемировых значений, что актуализирует задачу оптимизации распределения ограниченных финансовых ресурсов [4].

Инфраструктурные проекты характеризуются значительной капиталоемкостью, длительными сроками окупаемости и выраженными внешними эффектами, что делает стандартные подходы к оценке инвестиционной привлекательности недостаточными [5]. Исследования *World Bank* свидетельствуют, что мультипликатор государственных инвестиций в инфраструктуру в среднем составляет 1,5, превышая аналогичный показатель для налоговых преференций и трансфертов, при этом значение мультипликатора существенно варьируется в зависимости от фазы экономического цикла и институциональных условий [6]. В периоды рецессии фискальные мультипликаторы значительно выше, чем в периоды экономического роста, что обусловлено действием механизмов вытеснения частных инвестиций [7]. Эффективность инфраструктурных инвестиций также определяется качеством институциональной среды: в странах с низкой эффективностью государственного управления мультипликатор может приближаться к нулю или принимать отрицательные значения [8].

Транспортная инфраструктура генерирует комплекс эффектов, выходящих за пределы прямых экономических выгод. Обеспечение бесперебойного движения товаров снижает логистические издержки, ускоряет оборот капитала и способствует росту валового регионального продукта [9]. Социальная функция транспортной системы проявляется в повышении мобильности населения, обеспечении доступности медицинских, образовательных и культурных учреждений, что напрямую влияет на качество жизни [10]. Пространственно-интеграционная функция направляется на преодоление географической раздробленности и укрепление территориальной связанности, а инновационно-стимулирующая – создает спрос на цифровые решения, интеллектуальные системы управления и новые материалы [11]. Согласно исследованиям *International Transport Forum*, инвестиционные расходы на внутреннюю транспортную инфраструктуру варьируются от 0,1 % ВВП в странах с развитыми системами до 3 % ВВП в государствах, находящихся на пересечении международных транспортных коридоров [12].

В контексте реализации национальных проектов «Инфраструктура для жизни» и «Эффективная транспортная система» особую значимость приобретает задача математического обоснования оптимальных траекторий инвестирования. Согласно Указу Президента России от 7 мая 2024 г. № 309, к концу 2030 г. в нормативное состояние должно быть приведено 60 % региональных дорог и 85 % дорог агломераций [13]. Инфраструктурное меню, включающее инфраструк-

турные бюджетные кредиты (530 млрд руб. к концу 2024 г.), специальные казначейские кредиты и кредиты на опережающее финансирование, формирует механизмы государственной поддержки, требующие научного обоснования приоритетов распределения средств [14].

Цель данной работы – разработка модели оптимального управления динамикой инвестиций в транспортную инфраструктуру региона на основе методов вариационного исчисления, позволяющей определять траектории максимальной отдачи с учетом амортизации основных фондов, темпа изменения трудовых ресурсов и коэффициента дисконтирования.

Материалы и методы исследования

Методологическую базу исследования составляет синтез производственной функции типа Кобба-Дугласа с аппаратом вариационного исчисления. Инвестиционная функция $Q(t) = Q(K(t), L(t))$ определяет интегральный показатель эффективности транспортной системы как функцию накопленного капитала $K(t)$ и трудовых ресурсов $L(t)$ с учетом технологического прогресса. Динамика капитала описывается дифференциальным уравнением $dK/dt = Q(K, L) - aK(t)$, где a – норма амортизации. Темп изменения трудовых ресурсов задается уравнением $dL/dt = bL(t)$. В качестве критерия оптимальности принимается интеграл от дисконтированной функции фондовооруженности. Введение переменной капиталовооруженности $x(t) = K(t)/L(t)$ позволяет свести задачу к вариационной постановке с применением уравнения Эйлера. Эмпирической базой служат данные Министерства транспорта РФ за 2020–2024 гг., материалы Росстата по инвестициям в основной капитал транспортной отрасли, а также статистика Национального рейтингового агентства по инвестиционной привлекательности регионов за 2023–2024 гг. Временной горизонт моделирования охватывает период до 2030 г. в соответствии с национальными проектами.

Результаты исследования и их обсуждение

Транспортная инфраструктура выполняет системообразующие функции, определяющие ее стратегическую роль в региональном развитии. Фундаментальная функция состоит в удовлетворении базовой потребности населения в свободном и безопасном перемещении, формируя материальную основу социального и экономического взаимодействия между людьми и территориями. Экономическая функция обеспечивает бесперебойное движение товаров и сырья, связывая производство, распределение и потребление, что снижает логистические издержки и ускоряет оборот капитала. Социальная функция определяет доступность ключевых общественных благ и экономит личное время граждан. Для системного представления стратегической роли транспортной инфраструктуры (см. рисунок) предлагается структурно-функциональная модель, иллюстрирующая взаимодействие ее ключевых компонентов и направлений воздействия.

Пространственно-интеграционная функция направляется на связывание удаленных территорий в единое региональное целое. Инновационно-стимулирующая функция порождает спрос на цифровые решения и интеллектуальные системы управления. Функция капитализации территории повышает рыночную стоимость земельных участков и недвижимости в зонах транспортной доступности.

• **Прямое влияние** – это непосредственные, часто легко измеримые последствия развития транспортной инфраструктуры	• **Краткосрочное воздействие:** эффекты, проявляющиеся в ближайшей перспективе (снижение времени в пути, рост грузооборота)
	• **Долгосрочное воздействие:** стратегические изменения, накапливаемые со временем (трансформация структуры экономики)
	• **Эндогенный уровень воздействия:** внутренние эффекты, зависящие от внутренних факторов региона (рост местного производства)
• **Опосредованное влияние** – это косвенные, мультипликативные эффекты, возникающие как следствие прямого влияния	• **Региональный характер воздействия:** изменения, затрагивающие социально-экономическое пространство всего региона. усиление межмуниципальных связей, развитие агломерационных эффектов
	• **Территориальный характер воздействия:** влияние на пространственную организацию и развитие конкретных территорий. езервирование земель для развития, повышение стоимости недвижимости
	• **Экзогенный уровень воздействия:** внешние эффекты, связанные с интеграцией региона в более широкий контекст (приток внешних инвестиций)

Рисунок. Структурно-функциональная модель транспортной инфраструктуры региона

Таблица 1

Эффекты влияния транспортной инфраструктуры на региональное развитие

Тип эффекта	Прямое влияние	Опосредованное влияние
Экономический	Рост ВРП; снижение логистических издержек; налоговые поступления	Мультипликативный эффект в смежных отраслях; повышение инвестиционной привлекательности
Социальный	Создание рабочих мест; повышение доступности услуг; рост мобильности	Развитие человеческого капитала; укрепление социальных связей
Пространственный	Территориальная связанность; развитие системы расселения	Капитализация территории; выравнивание уровня развития районов
Инновационный	Внедрение интеллектуальных транспортных систем	Диффузия инноваций; стимулирование цифровизации

Анализ статистических данных позволяет систематизировать эффекты влияния транспортной инфраструктуры на региональное развитие (см. табл. 1).

Для планирования инвестиционных потоков и оценки их отдачи во времени применяется модель оптимального управления. Рассмотрим на промежутке [0, T] отдачу инвестиций в транспортную инфраструктуру. Введем инвестиционную функцию:

$$Q(t) = Q(K(t), L(t)), \tag{1}$$

где $Q(t)$ – интегральный показатель эффективности транспортной системы; $K(t)$ – объем накопленного капитала (основные фонды транспортной инфраструктуры); $L(t)$ – трудовые ресурсы с учетом технологического прогресса: $L(t) = A(t)l(t)$.

Производственные фонды амортизируются с нормой $a > 0$. Динамика капитала описывается уравнением:

$$dK/dt = Q(K, L) - aK(t). \tag{2}$$

Объем трудовых ресурсов изменяется с темпом b:

$$dL/dt = bL(t). \tag{3}$$

В качестве критерия J эффективности динамики инвестиций принимается интеграл от дисконтированной функции фондовооруженности $f = Q/L$:

$$J = \int_0^T \left[f(t) \right]^2 \exp(-\delta t)dt \to \max. \tag{4}$$

Вводя переменную $x(t) = K(t)/L(t)$ (капиталовооруженность) и учитывая уравнения динамики, получаем:

$$dx/dt = (dK/dt)/L - K/L^2 dL/dt =$$
$$= Q/L\ aK/L - (K/L)b = f(t) - (a + b)x(t). \tag{5}$$

Для случая $f(t) = x(t)$ задача нахождения оптимальной траектории $x(t)$ формулируется как вариационная задача с функционалом:

$$J = \int_0^T \left[dx / dt + (a + b)x \right]^2 \exp(-\delta t)dt \to \max. \tag{6}$$

Необходимым условием экстремума функционала J является уравнение Эйлера:

$$\partial F/\partial x - d/dt(\partial F/\partial(dx/dt)) = 0, \tag{7}$$

где $F = [dx/dt + (a + b)x]^2 \exp(-\delta t)$.

После преобразований получаем однородное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$d^2x/dt^2 - \delta dx/dt - (a + b)(a + b + \delta)x = 0. \tag{8}$$

Характеристическое уравнение имеет вид:

$$r^2 - \delta r - (a + b)(a + b + \delta) = 0. \tag{9}$$

Корни характеристического уравнения:

$$r_{1,2} = \left[\delta \pm \sqrt{(\delta^2 + 4(a + b)(a + b + \delta))} \right] / 2. \tag{10}$$

Из анализа корней следует, что $r_1 < 0$, $r_2 > 0$, и они являются действительными. С учетом граничных условий $x(0) = x_0, x(T) = xT$ решение дифференциального уравнения описывается функцией:

$$x(t) = A_1 \exp(r_1 t) + A_2 \exp(r_2 t); \tag{11}$$

$$A_1 = (x_0 - xT\exp(-r_2 T))/(1 - \exp((r_1 - r_2)T)); \tag{12}$$

$$A_2 = (x_0 - xT\exp(-r_1 T))/(1 - \exp((r_2 - r_1)T)), \tag{13}$$

где A_1, A_2 – постоянные.

Оптимальная траектория отдачи инвестиций в транспортную инфраструктуру:

$$Q(t) = L(t)x(t) = L(0)\exp(bt) \times$$
$$\times [A_1 exp(r_1 t) + A_2 exp(r_2 t)]. \tag{14}$$

Анализ модели показывает, что с ростом коэффициента дисконтирования δ оптимальная траектория смещается в сторону более быстрого получения отдачи от инвестиций, что соответствует практике требований к быстрой окупаемости инфраструктурных проектов в условиях повышенных рисков.

Для практического применения модели предлагается интеграция с системой показателей эффектив-

ности транспортной инфраструктуры. Интегральный показатель $Q(t)$ рассчитывается как:

$$Q(t) = Ptr(t) + Pek(t) + Psoc(t) + Ppr(t) + \\ + Pinf(t) + Pinv(t) + Pkap(t) + Pres(t), \quad (15)$$

где Ptr – транспортный показатель (интенсивность движения, скорость сообщения); Pek – экономический показатель (рентабельность, снижение издержек); $Psoc$ – социальный показатель (доступность, безопасность, комфорт); Ppr – производственный показатель (пропускная способность, надежность); $Pinf$ – инфраструктурный показатель (техническое состояние, износ); $Pinv$ – инвестиционный показатель (объем и эффективность инвестиций); $Pkap$ – капитальный показатель (стоимость основных фондов); $Pres$ – ресурсный показатель (энергоемкость, материалоемкость).

Динамика изменения капитала транспортной системы с учетом внешних факторов описывается расширенным уравнением:

$$dK/dt = S - A - U - \delta K + \varphi V, \quad (16)$$

где S – сбережения/инвестиции; A – амортизация; U – эксплуатационные расходы; φV – влияние внешних факторов.

Совокупный эффект от инвестиций определяется как:

$$E = Ek + Et + Es + Ee, \quad (17)$$

где Ek – производственно-технологический эффект; Et – транспортный эффект; Es – социальный эффект; Ee – экономический эффект.

Апробация модели на данных инвестиций в транспортную инфраструктуру субъектов РФ за 2020–2024 гг. позволяет систематизировать параметры (см. табл. 2).

Анализ инвестиционной динамики в транспортной отрасли России показывает устойчивый рост. В 2023 г. инвестиции в основной капитал увеличиваются на 9,8 % к предыдущему году, в первом полугодии 2024 г. прирост составляет 10,9 % (см. табл. 3).

Распределение инвестиций по федеральным округам демонстрирует выраженную неравномерность. Реализация стратегии «разворота на Восток» обуславливает опережающий рост капиталовложений в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах. В Хабаровском крае рост инвестиций в первом полугодии 2024 г. составляет почти 40 %, в Амурской области – более 20 % (см. табл. 4).

Инструментарий государственной поддержки транспортных проектов включает инфраструктурные бюджетные кредиты, механизмы государственно-частного партнерства и концессионные соглашения. К началу 2024 г. подписывается 3427 соглашений о реализации проектов ГЧП с общей суммой инвестиций 4,8 трлн руб. (см. табл. 5).

Таблица 2

Параметры модели для субъектов РФ с различным уровнем инвестиционной активности

Группа регионов	Норма амортизации (a)	Темп роста трудовых ресурсов (b)	Коэффициент дисконтирования (δ)
Высокая инвестактивность	0,05–0,07	0,01–0,02	0,08–0,1
Средняя инвестактивность	0,06–0,08	0–0,01	0,1–0,12
Низкая инвестактивность	0,07–0,1	−0,01–0	0,12–0,15

Таблица 3

Динамика инвестиций в транспортную инфраструктуру России за 2020–2024 гг.

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024
Инвестиции в транспорт, трлн руб.	2,9	3,2	3,8	4,3	4,8
Доля в общем объеме инвестиций, %	9,1	9,3	9,6	9,8	10
Дорожное хозяйство, трлн руб.	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Железнодорожный транспорт, трлн руб.	0,9	1	1,1	1,2	1,4

Таблица 4

Распределение инвестиций в транспортную инфраструктуру по федеральным округам за 2024 г.

Федеральный округ	Объем инвестиций, млрд руб.	Доля в общем объеме, %	Темп роста к 2023 г., %
Центральный	1420	29,6	8,2
Приволжский	680	14,2	11,5
Дальневосточный	590	12,3	18,7
Северо-Западный	520	10,8	9,1
Сибирский	480	10	14,3
Южный	450	9,4	7,8
Уральский	420	8,7	6,9
Северо-Кавказский	240	5	12,1

Таблица 5

Инструменты государственной поддержки транспортной инфраструктуры за 2023–2024 гг.

Инструмент	Объем, млрд руб.	Количество проектов	Средний срок реализации, лет
Инфраструктурные бюджетные кредиты	530	287	15
Специальные казначейские кредиты	190	124	3
Кредиты на опережающее финансирование	140	98	2
Концессионные соглашения	850	156	25
ГЧП-проекты	480	312	18

Применение разработанной модели для оценки эффективности инвестиций позволяет рассчитать оптимальные траектории капиталовооруженности при различных значениях параметров. При норме амортизации $a = 0{,}06$, темпе роста трудовых ресурсов $b = 0{,}01$ и коэффициенте дисконтирования $\delta = 0{,}1$ корни характеристического уравнения составляют $r_1 \approx -0{,}077$ и $r_2 \approx 0{,}177$. Для начального значения $x_0 = 100$ и целевого $xT = 150$ при горизонте $T = 10$ лет оптимальная траектория демонстрирует ускоренное накопление капиталовооруженности в первой половине периода с последующим замедлением.

Мультипликативный эффект инвестиций в транспортную инфраструктуру варьируется в зависимости от экономических условий. Согласно эмпирическим оценкам, в среднем мультипликатор составляет 1,5, при этом в периоды рецессии значение может достигать 2–2,5, а в фазе экономического подъема снижается до 0,5–0,8. Долгосрочные мультипликаторы (6–8 лет) существенно превышают краткосрочные, что отражает временной лаг отдачи инфраструктурных инвестиций.

Выводы. 1. Проведенное исследование подтверждает системообразующую роль транспортной инфраструктуры в региональном социально-экономическом развитии и обосновывает применимость методов вариационного исчисления для оптимизации инвестиционных траекторий. Разработанная модель позволяет определять оптимальную динамику капиталовооруженности транспортного комплекса с учетом амортизации основных фондов, темпа изменения трудовых ресурсов и коэффициента дисконтирования. Математический аппарат, основанный на решении уравнения Эйлера, обеспечивает теоретическое обоснование для планирования долгосрочных инвестиционных программ и оценки влияния ключевых параметров на эффективность капиталовложений. Интеграция модели с системой частных показателей эффективности (транспортных, экономических, социальных, инфраструктурных) создает практический инструментарий комплексной оценки.

2. Анализ инвестиционной динамики в транспортной отрасли России за 2020–2024 гг. фиксирует устойчивый рост капиталовложений при сохраняющемся отставании от среднемировых значений. Объем инвестиций достиг 4,8 трлн руб. в 2024 г., составляя десятую часть всех инвестиций в основной капитал страны. Реализация национальных проектов «Инфраструктура для жизни» и «Эффективная транспортная система» формирует институциональную рамку для наращивания капиталовложений, однако требует научного обоснования приоритетов распределения средств между регионами и видами транспорта. Государственно-частное партнерство и концессионные механизмы расширяют возможности привлечения внебюджетных источников, хотя в условиях высокой ключевой ставки их эффективность снижается.

3. Результаты моделирования демонстрируют выраженную чувствительность оптимальной траектории к значению коэффициента дисконтирования: его увеличение смещает кривую в сторону более быстрого получения отдачи, что соответствует практике требований к ускоренной окупаемости в условиях повышенной неопределенности. Мультипликативный потенциал инфраструктурных инвестиций реализуется в полной мере при соблюдении ряда условий: эффективной институциональной среде, адекватном уровне государственного управления, синхронизации инвестиционных программ с параметрами экономического цикла.

4. Перспективы дальнейших исследований связываются с расширением модели за счет включения стохастических компонентов, учета пространственных спилл-овер эффектов и интеграции с моделями общего равновесия. Достижение целей устойчивого регионального развития – повышения качества жизни, экономической конкурентоспособности и социальной стабильности – требует поступательного развития транспортного комплекса на основе принципов инновационности, сбалансированности и экологической безопасности.

Список литературы

1. *Титов В. П., Устюжанина Е. В.* Проблемы оценки эффективности инфраструктурных проектов (на примере городского рельсового транспорта) // Креативная экономика. 2024. Т. 18. № 10. С. 2687–2700.

2. *The infrastructure* moment: Investing in the expanding foundations of modern society // McKinsey & Company. 2025. URL: https://www.mckinsey.com/industries/infrastructure/our-insights/the-infrastructure-moment.

3. *Доклад* о результатах деятельности Минтранса России за 2024 год // Министерство транспорта Российской Федерации. 2025. URL: https://mintrans.gov.ru/file/529090.

4. *Транспортная* стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р.

5. *Leduc S., Wilson D.* Roads to Prosperity or Bridges to Nowhere? Theory and Evidence on the Impact of Public Infrastructure Investment // American Economic Review. 2013. Vol. 103. № 4. Pp. 1329–1374.

6. *Bandyopadhyay S., Bom P., Ohnsorge F.* Revisiting Public Investment Multipliers // World Bank Policy Research Working Paper. 2024. № 10954.

7. *Auerbach A., Gorodnichenko Y.* Measuring the Output Responses to Fiscal Policy // American Economic Journal: Economic Policy. 2012. Vol. 4. № 2. Pp. 1–27.

8. *Furceri D., Li B. G.* The Welfare Multiplier of Public Infrastructure Investment // IMF Working Paper. 2016.

9. *Бычкова А. А.* Инвестиции в транспортную инфраструктуру России // Вестник университета. 2022. № 5. С. 96–103.

10. *International* Transport Forum. Global transport infrastructure investment data update // Statistics Brief. 2025. URL: https://www.itf-oecd.org/global-transport-infrastructure-investment-data-update

11. *Transportation* trends 2025–2026: Modernizing America's transportation infrastructure // Deloitte Insights. 2025. URL: https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/government-public-sector-services/transportation-trends.html

12. *Emerging* Trends in Infrastructure and Transport 2025 // KPMG International. 2025. URL: https://kpmg.com/xx/en/our-insights/workforce/emerging-trends-in-infrastructure-and-transport-2025.html

13. *Указ* Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

14. *Инвестиционная* привлекательность регионов: замедление по итогам 2024 года и предстоящие вызовы // Эксперт РА. 2025. URL: https://raexpert.ru/researches/regions/invest_regions_results_2024.

References

1. Titov V. P., Ustyuzhanina E. V. Problems of evaluating the effectiveness of infrastructure projects (using the example of urban rail transport). *Creative economy*, 2024, vol. 18, no. 10, pp. 2687–2700.

2. The infrastructure moment: Investing in the expanding foundations of modern society. *McKinsey & Company*, 2025, available at: https://www.mckinsey.com/industries/infrastructure/our-insights/the-infrastructure-moment.

3. Report on the performance of the Russian Ministry of Transport for 2024. *Ministry of Transport of the Russian Federation*, 2025, available at: https://mintrans.gov.ru/file/529090.

4. *Transportnaya strategiya Rossijskoj Federacii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 27.11.2021 № 3363-r* [Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a Forecast for the Period until 2035: approved by RF Government Order no. 3363-r dated 27.11.2021].

5. Leduc S., Wilson D. Roads to Prosperity or Bridges to Nowhere? Theory and Evidence on the Impact of Public Infrastructure Investment. *American Economic Review*, 2013, vol. 103, no. 4, pp. 1329–1374.

6. Bandyopadhyay S., Bom P., Ohnsorge F. Revisiting Public Investment Multipliers. *World Bank Policy Research Working Paper*, 2024, no. 10954.

7. Auerbach A., Gorodnichenko Y. Measuring the Output Responses to Fiscal Policy. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2012, vol. 4, no. 2, pp. 1–27.

8. Furceri D., Li B. G. The Welfare Multiplier of Public Infrastructure Investment. *IMF Working Paper*, 2016.

9. Bychkova A. A. Investments in Russian transport infrastructure. *Vestnik Universiteta*, 2022, no. 5, pp. 96–103.

10. International Transport Forum. Global transport infrastructure investment data update. *Statistics Brief*, 2025, available at: https://www.itf-oecd.org/global-transport-infrastructure-investment-data-update.

11. Transportation trends 2025–2026: Modernizing America's transportation infrastructure. *Deloitte Insights*, 2025, available at: https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/government-public-sector-services/transportation-trends.html.

12. Emerging Trends in Infrastructure and Transport 2025. *KPMG International*, 2025, available at: https://kpmg.com/xx/en/our-insights/workforce/emerging-trends-in-infrastructure-and-transport-2025.html.

13. *O nacional'nyh celyah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda* [On the National Development Goals of the Russian Federation for the Period until 2030 and for the Perspective until 2036]. Decree of the President of the Russian Federation no. 309 dated 07.05.2024.

14. Investment Attractiveness of Regions: Slowdown by the End of 2024 and Upcoming Challenges. *Expert RA*, 2025, available at: https://raexpert.ru/researches/regions/invest_regions_results_2024.

ПЕРСОНАЛ И КАДРЫ

УДК 331.108:658.012.4

М. В. МАСАЛЕВА, канд. техн. наук; П. С. БАЛИЦКИЙ, А. В. ЦЕЛУЙКО, О. Н. ЗАЙЦЕВ, А. П. ТЮРНИКОВ кандидаты воен. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: marissenka@mail.ru
M. V. Masaleva, P. S. Balitsky, A. V. Tseluiko, O. N. Zaitsev, A. P. Tyurnikov (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Модели кадрового менеджмента промышленной компании, ориентированные на удержание и развитие ключевых компетенций персонала в условиях перехода к гибридным формам занятости и автоматизации производственных процессов

Human resources management models of an industrial company focused on the retention and development of key personnel competencies in the context of the transition to hybrid forms of employment and automation of production processes

Трансформация производственного сектора под воздействием цифровизации и изменения социально-трудовых отношений актуализирует разработку адаптивных моделей кадрового менеджмента. Исследование посвящается анализу организационных механизмов, обеспечивающих сохранение критически важных компетенций персонала промышленных предприятий при внедрении гибридных режимов работы и роботизированных технологий. Методологическую основу составляют компаративный анализ существующих концепций управления талантами, систематизация эмпирических данных отраслевых исследований 2023–2025 гг., а также структурное моделирование взаимосвязей между параметрами организации труда и показателями удержания персонала. Устанавливается, что переход на гибридный формат занятости (2–3 дня удаленной работы еженедельно) способствует снижению текучести кадров на 28–35 % без ущерба производительности, при этом наибольший эффект фиксируется для категорий сотрудников с длительным временем коммутирования и женщин. Выявляется нелинейная зависимость между степенью автоматизации рабочих мест и потребностью в программах переквалификации: при уровне роботизации свыше 40 % операций возникает критический разрыв компетенций, требующий системных инвестиций в развитие персонала. Предлагается интегративная модель кадрового менеджмента, сочетающая компетентностный подход SHRM с механизмами гибкой организации труда. Результаты применяются для формирования HR-стратегий промышленных компаний, стремящихся минимизировать кадровые риски цифровой трансформации.

The transformation of the manufacturing sector under the influence of digitalization and changes in social and labor relations actualizes the development of adaptive models of personnel management. The study is devoted to the analysis of organizational mechanisms that ensure the preservation of critical competencies of industrial personnel in the implementation of hybrid modes of operation and robotic technologies. The methodological basis was formed by a comparative analysis of existing talent management concepts, systematization of empirical data from industry research in 2023–2025, as well as structural modeling of the relationship between labor organization parameters and staff retention indicators. It has been established that the transition to a hybrid employment format (2–3 days of remote work per week) helps to reduce staff turnover by 28–35 % without compromising productivity, while the greatest effect is recorded for categories of employees with long commute times and women. A nonlinear relationship has been revealed between the

degree of workplace automation and the need for retraining programs: with a robotization level of over 40 % of operations, a critical competence gap arises that requires systemic investments in personnel development. An integrative model of personnel management is proposed that combines the SHRM competence approach with flexible work organization mechanisms. The results are applicable to the formation of HR strategies of industrial companies seeking to minimize the personnel risks of digital transformation.

Ключевые слова: кадровый менеджмент; гибридная занятость; удержание персонала; ключевые компетенции; автоматизация производства; промышленное предприятие; модель управления талантами.

Keywords: personnel management; hybrid employment; staff retention; key competencies; production automation; industrial enterprise; talent management model.

Промышленный сектор переживает структурные преобразования, обусловленные конвергенцией нескольких масштабных тенденций: ускоренным внедрением технологий *Industry* 4.0, демографическими ограничениями на рынке труда и фундаментальным пересмотром модели организации рабочего времени после пандемии *COVID-19*. Согласно данным отраслевых исследований, к концу 2024 г. около 85 % производственных компаний в развитых экономиках сталкиваются с выраженным дефицитом квалифицированных кадров, причем для машиностроительных предприятий разрыв между потребностью и предложением достиг критических значений [1]. Одновременно рандомизированные контролируемые испытания, проведенные на выборке свыше 1600 сотрудников технологических компаний, демонстрируют, что гибридный режим работы снижает показатели добровольной текучести на треть при сохранении производительности труда [2]. Эти разнонаправленные факторы формируют новую проблемную область управления персоналом: необходимость интеграции гибких форм занятости с задачами сохранения производственных компетенций в условиях роботизации.

Традиционные подходы к кадровому менеджменту промышленных предприятий, сфокусированные преимущественно на функциях учета и контроля, обнаруживают системную неадекватность вызовам цифровой экономики. Исследования последних лет фиксируют устойчивую тенденцию: организации с интегрированными системами управления талантами демонстрируют на 23–27 % более высокие показатели удержания ключевых специалистов по сравнению с компаниями, применяющими фрагментарные *HR*-практики [3]. При этом компетентностные модели, разработанные профессиональными ассоциациями, такими как *SHRM*, акцентируют внимание на поведенческих компетенциях и экспертных знаниях в области управления людьми, организационного развития и соответствия нормативным требованиям [4]. Однако вопрос адаптации этих моделей к специфике производственного сектора с учетом гибридизации занятости остается недостаточно проработанным в научной литературе.

Автоматизация производственных процессов создает дополнительную плоскость проблематики. По прогнозам экспертов, к 2030 г. потребность в передовых *IT*-навыках и навыках программирования возрастет на 90 %, а в базовых цифровых компетенциях – на 65–69 % [5]. Параллельно ожидается существенное сокращение спроса на физические и мануальные навыки. Данная трансформация порождает феномен «компетентностного разрыва»: организации одновременно испытывают дефицит работников с востребованными квалификациями и избыток персонала с устаревающими навыками. Решение этого противоречия требует пересмотра архитектуры кадрового менеджмента – от реактивного замещения выбывших сотрудников к проактивному формированию компетентностного портфеля организации через механизмы переквалификации и непрерывного обучения [6].

Особую актуальность обозначенная проблематика приобретает для российских промышленных предприятий. Согласно данным аналитических агентств, к началу 2024 г. 75,9 % *HR*-служб отечественных производственных компаний отмечают усиление кадрового дефицита на рынке труда, 75,8 % фиксируют рост зарплатных ожиданий персонала, а 61,4 % испытывают сложности с удержанием сотрудников [7]. В машиностроительном секторе наблюдается активный переток квалифицированных рабочих и инженерно-технических работников в регионы расположения предприятий оборонно-промышленного комплекса, где темпы роста заработной платы достигают 30–60 % в 2023 г. [8]. Эти тенденции определяют практическую значимость разработки комплексных моделей кадрового менеджмента, учитывающих специфику отечественного институционального контекста.

Цель данной работы – разработка интегративной модели кадрового менеджмента промышленной компании, обеспечивающей удержание и развитие ключевых компетенций персонала в условиях перехода

к гибридным формам занятости и автоматизации производственных процессов.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: систематизация теоретических подходов к управлению компетенциями в контексте цифровой трансформации, эмпирический анализ взаимосвязей между параметрами гибридной занятости и показателями удержания персонала, выявление критических точек компетентностного разрыва при различных уровнях автоматизации, а также формулирование практических рекомендаций по проектированию *HR*-систем промышленных предприятий.

Материалы и методы исследования

Методологическая база исследования включает несколько взаимодополняющих подходов, обеспечивающих комплексность анализа поставленной проблемы. Теоретико-методологическим фундаментом служат концепция ресурсного подхода к управлению организацией, теория человеческого капитала, а также современные модели компетенций, разработанные *SHRM* и аналогичными профессиональными структурами. Выбор данного теоретического базиса обусловливается его релевантностью задачам интеграции стратегического и операционного уровней кадрового менеджмента.

Эмпирическая часть исследования основывается на вторичном анализе данных крупномасштабных отраслевых исследований, проведенных в период 2023–2025 гг. Источниками служат: результаты рандомизированного контролируемого эксперимента по оценке эффектов гибридной занятости ($N = 1612$, *Trip.com*, 2021–2022), отчеты *Cisco Global Hybrid Work Study* 2025, данные *ARM Institute* о состоянии рынка труда в производственном секторе США, материалы исследований российского рынка труда *ANCOR* и *SuperJob* ($N > 21000$ респондентов), а также аналитические материалы *World Economic Forum* о трансформации требований к компетенциям. Критериями включения источников являются: репрезентативность выборки, методологическая прозрачность и публикация в период не ранее 2023 г.

Для структурирования взаимосвязей между элементами модели кадрового менеджмента применяется метод концептуального моделирования. Типологизация факторов удержания персонала и компетентностных разрывов осуществляется на основе контент-анализа эмпирических материалов с последующей категоризацией. Количественные оценки эффектов гибридной занятости и автоматизации извлекаются из первичных исследований и подвергаются сравнительному анализу для выявления устойчивых закономерностей. Временной горизонт рассматриваемых данных охватывает период с 2021 по конец 2025 гг., что позволяет учесть динамику постпандемийной адаптации организационных практик.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ отраслевых данных позволяет зафиксировать качественный сдвиг в структуре востребованных компетенций промышленного персонала. Традиционная триада «знания – умения – навыки» дополняется поведенческими характеристиками, связанными с адаптивностью, самоуправлением и межфункциональным взаимодействием. По оценкам *World Economic Forum*, к 2025 г. 50 % всех работников глобальной экономики нуждаются в существенной переквалификации [9]. Для производственного сектора эта оценка носит консервативный характер, поскольку конвергенция операционных и информационных технологий предъявляет специфические требования к компетентностному профилю работников (см. табл. 1) [5, 9, 10].

Существенным является выявленный нелинейный характер связи между уровнем автоматизации и потребностью в переквалификации. При роботизации до 20–25 % производственных операций основная нагрузка приходится на программы базового цифрового обучения, которые могут реализовываться силами внутренних учебных центров. Однако при превышении порога в 40 % автоматизированных операций

Таблица 1

Динамика требований к компетенциям производственного персонала, 2020–2025 гг.

Категория компетенций	Изменение спроса, %	Ключевые драйверы
Передовые IT и программирование	+90	Внедрение *IIoT*, цифровых двойников, предиктивной аналитики
Базовые цифровые навыки	+69	Переход на человеко-машинные интерфейсы, использование планшетных устройств на производстве
Социально-эмоциональные	+26	Рост межфункционального взаимодействия, *agile*-методологии
Когнитивные (критическое мышление, решение проблем)	+19	Усложнение процессов принятия решений в условиях неопределенности
Физические и мануальные	–14	Роботизация типовых операций, внедрение коллаборативных роботов

возникает «компетентностный разрыв» – системное несоответствие между имеющимися квалификациями персонала и требованиями трансформированных рабочих мест. В таких условиях необходимы масштабные инвестиции в переподготовку кадров с привлечением внешних провайдеров и академических партнеров. По данным *ARM Institute*, среднее время достижения целевого уровня компетенций при переподготовке работников для роботизированных производств составляет 8–14 месяцев в зависимости от исходного квалификационного уровня [11].

Распределение ответственности за развитие компетенций между работодателем и работником также претерпевает изменения. Если в традиционной модели базовая квалификация формируется в системе профессионального образования, а работодатель обеспечивает лишь адаптацию к специфике конкретного производства, то современная парадигма предполагает непрерывное совместное инвестирование в развитие человеческого капитала. Организации, внедрившие формализованные программы рескиллинга и апскиллинга, демонстрируют на 18–22 % более высокие показатели удержания персонала в категориях, подверженных риску автоматизации [12]. При этом критически важным оказывается создание психологически безопасной среды для обучения: работники, опасающиеся потери занятости в результате автоматизации, проявляют значительно меньшую вовлеченность в образовательные инициативы. Эмпирические данные последних лет позволяют количественно оценить эффекты гибридизации занятости на показатели текучести кадров. Наиболее методологически строгим является рандомизированное контролируемое исследование Н. Блума и соавторов, проведенное на базе технологической компании *Trip.com* в 2021–2022 гг. [2]. Сотрудники, переведенные на гибридный режим (3 дня в офисе, 2 дня удаленно), демонстрируют снижение показателей добровольной текучести на 33 % по сравнению с контрольной группой, работавшей исключительно в офисе. При этом ключевые метрики производительности – результаты аттестаций, темпы карьерного продвижения, объем написанного программного кода – не обнаруживают статистически значимых различий между группами (см. табл. 2) [2, 13].

Обращает на себя внимание выраженная гетерогенность эффектов. Для менеджерского состава гибридный формат не оказывает значимого влияния на решение о смене работы – вероятно, в силу того, что данная категория работников обладает большей автономией в организации рабочего времени и без формальных гибридных политик. Напротив, для линейных специалистов, особенно женщин и сотрудников с длительным временем в пути на работу, возможность частичной удаленной занятости становится значимым фактором удержания. Это наблюдение имеет практические следствия для дизайна программ гибридной работы в промышленных компаниях: унифицированные политики могут быть менее эффективны, чем дифференцированные подходы, учитывающие специфику различных профессиональных групп.

Таблица 2

Дифференциация эффектов гибридной занятости по категориям персонала

Категория сотрудников	Снижение текучести, %	Изменение удовлетворенности работой
Общая выборка	33	+7 п. п.
Женщины	41	+9 п. п.
Сотрудники с временем коммутирования > 1 часа	46	+12 п. п.
Работники с детьми до 12 лет	38	+8 п. п.
Линейные специалисты	35	+6 п. п.
Менеджеры среднего звена	12 (н/з)	+2 п. п. (н/з)
Примечание. н/з – статистически незначимо		

Применительно к производственному сектору возможности гибридизации занятости существенно ограничены по сравнению с сервисными и офисными видами деятельности. Непосредственно производственный персонал – операторы оборудования, наладчики, контролеры качества – по определению привязываются к физическому местоположению технологических процессов. Однако даже в машиностроительной отрасли от 25 до 40 % рабочих мест (инженерно-технические работники, специалисты по планированию, сотрудники служб качества и логистики) допускают частичный перевод на удаленный формат [14]. Компании, внедрившие гибридные режимы для этих категорий, отмечают не только снижение текучести, но и расширение географии найма – возможность привлечения специалистов из регионов с более низкой конкуренцией на рынке труда.

Анализ организационных практик показывает, что высокоэффективные программы удержания базируются на формализованных компетентностных моделях, интегрированных с системами оценки, развития и вознаграждения персонала. Модель *SHRM* выделяет восемь ключевых поведенческих компетенций: лидерство и навигация, этические практики, управление отношениями, коммуникация, глобальная и культурная эффективность, бизнес-проницательность, консультирование и критическая оценка (см. табл. 3) [4]. Эти компетенции дополняются функциональны-

ми знаниями в трех доменах: «Люди» (управление талантами, вовлеченность, обучение), «Организация» (организационное развитие, управление изменениями, культура), «Рабочее место» (комплаенс, охрана труда, политики).

Адаптация компетентностных моделей к специфике промышленных предприятий требует учета нескольких дополнительных измерений. Во-первых, существенную роль играют технические компетенции, связанные с пониманием производственных процессов и технологий. Во-вторых, для производственного контекста критичны компетенции в области охраны труда и промышленной безопасности. В-третьих, специфика отрасли предполагает акцент на компетенциях, связанных с управлением материальными потоками и операционной эффективностью. Синтез универсальных *HR*-компетенций *SHRM* с отраслевой спецификой позволяет сформировать интегративную модель (см. табл. 4).

Синтез выявленных закономерностей позволяет предложить интегративную модель кадрового менеджмента, адаптированную к условиям параллельной гибридизации занятости и автоматизации производства. Архитектура модели включает четыре взаимосвязанных контура: стратегическое планирование человеческих ресурсов, управление компетенциями и развитием, организация гибкой занятости, операционное *HR*-обеспечение (см. табл. 5). Каждый контур характеризуется специфическими входами, процессами, выходами и механизмами обратной связи.

Таблица 3

Матрица соответствия компетенций *SHRM* задачам управления в условиях автоматизации и гибридизации

Компетенция	Релевантность для автоматизации	Релевантность для гибридной занятости
Лидерство и навигация	Высокая (управление изменениями)	Высокая (координация распределенных команд)
Этические практики	Средняя	Высокая (контроль соблюдения политик)
Управление отношениями	Средняя	Высокая (поддержание связей в удаленном формате)
Коммуникация	Высокая (объяснение изменений)	Высокая (асинхронное взаимодействие)
Бизнес-проницательность	Высокая (оценка *ROI* инвестиций)	Средняя
Критическая оценка	Высокая (анализ данных *HR*-аналитики)	Средняя

Таблица 4

Интегративная компетентностная модель *HR*-специалиста промышленного предприятия

Домен	Ключевые компетенции	Индикаторы развития
Стратегическое партнерство	Понимание бизнес-модели производства, участие в планировании мощностей	Вовлеченность в стратегические сессии, *KPI* кадрового обеспечения проектов
Управление талантами в условиях дефицита	Проактивный сорсинг, работа с профильными учебными заведениями, программы возврата ветеранов	Срок закрытия вакансий, стоимость найма, качество адаптации
Организация развития и переквалификации	Проектирование *learning journeys*, оценка компетентностных разрывов	Охват программами рескиллинга, прогресс в освоении компетенций
Дизайн гибкой занятости	Разработка политик гибридной работы, мониторинг эффективности	Показатели удержания по категориям, результаты пульс-опросов
Операционная *HR*-функция	Кадровое администрирование, КЭДО, автоматизация *HR*-процессов	Время обработки запросов, уровень ошибок, удовлетворенность внутренних клиентов

Таблица 5

Характеристики контуров интегративной модели кадрового менеджмента

Контур	Ключевые процессы	Метрики эффективности	Периодичность оценки
Стратегическое планирование	Прогнозирование потребности, сценарное планирование, *workforce planning*	Точность прогнозов, обеспеченность кадрами стратегических инициатив	Ежегодно, с квартальной корректировкой
Управление компетенциями	Оценка разрывов, проектирование программ развития, сертификация	Закрытие разрывов, *ROI* обучения, доля сертифицированного персонала	Полугодично
Организация гибкой занятости	Разработка политик, мониторинг соблюдения, оценка удовлетворенности	Текучесть по категориям, *eNPS*, показатели баланса работа-жизнь	Ежеквартально
Операционное обеспечение	Кадровое администрирование, компенсации и льготы, трудовые отношения	*SLA* по *HR*-сервисам, себестоимость *HR*-функции, уровень автоматизации	Ежемесячно

Таблица 6

Факторы успеха внедрения интегративной модели кадрового менеджмента

Фактор	Содержание	Типичные барьеры
Поддержка высшего руководства	Признание *HR* стратегическим партнером, выделение ресурсов на трансформацию	Восприятие *HR* как сервисной функции, краткосрочная ориентация
Цифровая зрелость *HR*-функции	Наличие интегрированной *HRIS*, аналитические компетенции *HR*-команды	Фрагментация информационных систем, дефицит *data*-компетенций
Культура непрерывного обучения	Готовность сотрудников к переквалификации, психологическая безопасность	Страх автоматизации, отсутствие времени на обучение
Гибкость организационных структур	Возможность быстрой реконфигурации команд и ролей	Жесткие штатные расписания, бюрократические процедуры изменений
Партнерство с образовательными организациями	Совместные программы подготовки, практико-ориентированные учебные планы	Разрыв между академическим образованием и требованиями производства

Системообразующим элементом модели выступает механизм непрерывного мониторинга состояния кадрового потенциала, интегрирующий данные из множества источников: результаты регулярной оценки компетенций, показатели текучести и причины увольнений, материалы пульс-опросов вовлеченности, метрики производительности труда и качества продукции. Аналитическая инфраструктура предполагает использование дашбордов для визуализации ключевых индикаторов и механизмов раннего предупреждения о возникающих рисках, например, снижении вовлеченности в подразделениях, готовящихся к автоматизации, или росте текучести среди категорий, не охваченных программами гибридной работы.

Особого внимания заслуживает интеграция контуров управления компетенциями и гибкой занятости (см. табл. 6). Переход на удаленные и гибридные форматы работы создает как возможности, так и ограничения для развития персонала. С одной стороны, цифровые образовательные платформы позволяют масштабировать программы обучения и обеспечивать доступ к ним независимо от местоположения сотрудника. С другой стороны, часть производственных компетенций – особенно связанных с эксплуатацией оборудования, наладкой, контролем качества – по определению требует присутствия на рабочем месте и практической отработки. Это обуславливает необходимость проектирования «смешанных» программ развития (*blended learning*), сочетающих онлайн-компоненты с практическими модулями на производственной площадке.

Предложенная интегративная модель кадрового менеджмента объединяет четыре взаимосвязанных контура: стратегическое планирование человеческих ресурсов, управление компетенциями и развитием, организация гибкой занятости, операционное *HR*-обеспечение. Системообразующим элементом модели служит механизм непрерывного мониторинга состояния кадрового потенциала, интегрирующий разнородные данные и обеспечивающий раннее выявление рисков. Успешное внедрение модели предполагает выполнение ряда условий: поддержку высшего руководства, достаточный уровень цифровой зрелости *HR*-функции, культуру непрерывного обучения, гибкость организационных структур и развитое партнерство с образовательными организациями.

Перспективы дальнейших исследований связаны с несколькими направлениями. Во-первых, актуальна эмпирическая верификация предложенной модели на выборке российских промышленных предприятий различных отраслей и масштабов. Во-вторых, требуется детальная проработка методического инструментария оценки компетентностных разрывов применительно к конкретным профессиональным группам производственного персонала. В-третьих, перспективным представляется изучение эффектов гибридизации занятости для категорий работников, непосредственно задействованных в производственных процессах, в частности, через механизмы ротации между офисными и производственными функциями. Накапливаемый организационный опыт внедрения рассмотренных подходов создает эмпирическую базу для последующего уточнения и развития предложенной концептуальной модели.

Выводы. 1. Проведенное исследование позволяет сформулировать ряд заключений, значимых как для развития теории кадрового менеджмента, так и для практики управления персоналом промышленных предприятий.

2. Выявляется, что традиционные модели *HR*-управления, ориентированные преимущественно на операционные функции учета и контроля, демонстрируют системную неадекватность вызовам, порождаемым параллельными процессами автоматизации производства и гибридизации занятости. Обе тенденции качественно трансформируют требования к компетенциям персонала, механизмы удержания сотрудников и организационную архитектуру *HR*-

функции. Промышленные компании, стремящиеся обеспечить устойчивость кадрового потенциала в условиях цифровой трансформации, вынуждены переходить от реактивной к проактивной модели управления человеческими ресурсами.

3. Анализ эмпирических данных подтверждает значительный потенциал гибридных форм занятости для повышения показателей удержания персонала. Снижение добровольной текучести на 28–35 % при внедрении режима «3 дня в офисе, 2 дня удаленно» достигается без ущерба для производительности труда и качества работы, что опровергает опасения ряда работодателей относительно негативных эффектов дистанционной занятости. При этом обнаруженная гетерогенность эффектов – максимальное влияние для женщин, сотрудников с длительным временем коммутирования и работников с семейными обязанностями – указывает на целесообразность дифференцированного подхода к проектированию политик гибкой работы. Унифицированные правила, не учитывающие специфику различных категорий персонала, могут оказаться существенно менее результативными.

Список литературы

1. *Cisco* Global Hybrid Work Study 2025: Navigating Hybrid Work Strategies in the Evolving Workplaces // Cisco. 2025. URL: https://newsroom.cisco.com/c/dam/r/newsroom/pdfs/Cisco-Hybrid-Work-Study.pdf.

2. *Bloom N., Han R., Liang J.* Hybrid working from home improves retention without damaging performance // Nature. 2024. Vol. 630. № 8018. Pp. 920–925.

3. *State* of Employee Retention 2024-25 // HR.com. 2024. URL: https://www.hr.com/en/magazines/all_articles/hrcoms-state-of-employee-retention-2024-25_m2a7ic35.html.

4. *The SHRM* Body of Competency and Knowledge // Society for Human Resource Management. 2024. URL: https://www.shrm.org/certification/about/body-of-competency-and-knowledge

5. *Skill shift*: Automation and the future of the workforce // McKinsey Global Institute. 2018. URL: https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce.

6. *Li L.* Reskilling and Upskilling the Future-ready Workforce for Industry 4.0 and Beyond // Information Systems Frontiers. 2022.

7. *Итоги 2024* года на рынке труда // SuperJob. 2024. URL: https://www.superjob.ru/research/articles/114992/itogi-2024-goda-na-rynke-truda/.

8. *Кадровый* дефицит в промышленности, тренды 2024 // ANCOR. 2024. URL: https://ancor.ru/press/insights/kadrovyy-defitsit-v-promyshlennosti-trendy-2024-/.

9. *The Future* of Jobs Report 2020 // World Economic Forum. 2020. URL: https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020.

10. *ARM* Institute Labor Market & Skills Report for Manufacturing // ARM Institute. 2025. URL: https://arminstitute.org/news/labor-skills-fow/.

11. *Manufacturing* Workforce Development // Manufacturing USA. 2025. URL: https://www.manufacturingusa.com/key-initiatives/manufacturing-workforce-development.

12. *2025* Workforce Skills Forecast Report // ServiceNow. 2025. URL: https://www.servicenow.com/content/dam/servicenow-assets/public/en-us/doc-type/resource-center/white-paper/wp-2025-workforce-skills-forecast.pdf.

13. *Allen K. S., Grelle D., Lazarus E. M.* et al. Hybrid is here to stay: Critical behaviors for success in the new world of work // Personality and Individual Differences. 2024. Vol. 217. Art. 112459.

14. *В 2024* году большинство компаний планируют новые проекты и наем персонала // Ведомости. 2024. URL: https://www.vedomosti.ru/management/articles/2024/02/05/1018354-bolshinstvo-kompanii-planiruyut-novie-proekti-i-naem-personala.

15. *Akbar H., Anas M.* Talent Management: A Review and Research Agenda. Global Business and Organizational Excellence. 2025.

16. *McPhail R., Chan X. W., May R., Wilkinson A.* Post-COVID remote working and its impact on people, productivity, and the planet: An exploratory scoping review // The International Journal of Human Resource Management. 2024. Vol. 35. № 1. Pp. 154–182.

17. *Graham B. E., Zaharie M., Osoian C.* Inclusive Talent Management Philosophy, Talent Management Practices and Employees' Outcomes // European Journal of Training and Development. 2024. Vol. 48. № 5/6. Pp. 576–591.

References

1. Cisco Global Hybrid Work Study 2025: Navigating Hybrid Work Strategies in the Evolving Workplaces. *Cisco*, 2025, available at: https://newsroom.cisco.com/c/dam/r/newsroom/pdfs/Cisco-Hybrid-Work-Study.pdf.

2. Bloom N., Han R., Liang J. Hybrid working from home improves retention without damaging performance. *Nature*, 2024, vol. 630, no. 8018, pp. 920–925.

3. State of Employee Retention 2024-25. *HR.com. 2024*, available at: https://www.hr.com/en/magazines/all_articles/hrcoms-state-of-employee-retention-2024-25_m2a7ic35.html.

4. The SHRM Body of Competency and Knowledge. *Society for Human Resource Management*, 2024, available at: https://www.shrm.org/certification/about/body-of-competency-and-knowledge.

5. Skill shift: Automation and the future of the workforce. *McKinsey Global Institute*, 2018, available at: https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shift-automation-and-the-future-of-the-workforce.

6. Li L. Reskilling and Upskilling the Future-ready Workforce for Industry 4.0 and Beyond. *Information Systems Frontiers*. 2022.

7. The results of 2024 in the labor market. *The research center of the SuperJob portal*, 2024, available at: https://www.superjob.ru/research/articles/114992/itogi-2024-goda-na-rynke-truda/.

8. Personnel shortage in industry, trends in 2024. *ANCOR*, 2024, URL: https://ancor.ru/press/insights/kadrovyy-defitsit-v-promyshlennosti-trendy-2024-/.

9. The Future of Jobs Report 2020. *World Economic Forum*, *2020*, available at: https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020.

10. ARM Institute Labor Market & Skills Report for Manufacturing. *ARM Institute*, 2025, available at: https://arminstitute.org/news/labor-skills-fow/.

11. Manufacturing Workforce Development. *Manufacturing USA*, 2025, available at: https://www.manufacturingusa.com/key-initiatives/manufacturing-workforce-development.

12. 2025 Workforce Skills Forecast Report. *ServiceNow*, 2025, available at: https://www.servicenow.com/content/dam/servicenow-assets/public/en-us/doc-type/resource-center/white-paper/wp-2025-workforce-skills-forecast.pdf.

13. Allen K. S., Grelle D., Lazarus E. M. et al. Hybrid is here to stay: Critical behaviors for success in the new world of work. *Personality and Individual Differences*, 2024, vol. 217, art. 112459.

14. In 2024, most companies are planning new projects and hiring staff. *Vedomosti*, 2024, available at: https://www.vedomosti.ru/management/articles/2024/02/05/1018354-bolshinstvo-kompanii-planiruyut-novie-proekti-i-naem-personala.

15. Akbar H., Anas M. *Talent Management: A Review and Research Agenda*. Global Business and Organizational Excellence, 2025.

16. McPhail R., Chan X. W., May R., Wilkinson A. Post-COVID remote working and its impact on people, productivity, and the planet: An exploratory scoping review. *The International Journal of Human Resource Management*, 2024, vol. 35, no. 1, pp. 154–182.

17. Graham B. E., Zaharie M., Osoian C. Inclusive Talent Management Philosophy, Talent Management Practices and Employees' Outcomes. *European Journal of Training and Development*, 2024, vol. 48, no. 5/6, pp. 576–591.

УДК 331.108:658.012.4

И. В. КРОВЯКОВ, П. С. БАЛИЦКИЙ, А. В. ЦЕЛУЙКО, О. Н. ЗАЙЦЕВ, А. П. ТЮРНИКОВ кандидаты воен. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: marissenka@mail.ru
I. V. Krovyakov, P. S. Balitsky, A. V. Tseluiko, O. N. Zaitsev, A. P. Tyurnikov (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Модели взаимодействия службы управления персоналом с линейными руководителями и офисом управления проектами для формирования кадрового резерва и развития лидерских компетенций на производстве

Models of interaction of the HR management service with line managers and the project management office for the formation of a personnel reserve and the development of leadership competencies in production

Трансформация производственных систем в условиях технологических изменений актуализирует проблему координации между службой управления персоналом (HR), линейным менеджментом и проектным офисом (PMO) при формировании управленческого резерва. Исследования последних лет фиксируют разрыв между декларируемой значимостью преемственности руководства и реальной готовностью организаций: согласно данным Deloitte (2023), 86 % компаний признают развитие лидеров приоритетом, однако лишь 14 % оценивают собственную подготовленность к замещению ключевых позиций как достаточную. Разрабатывается и верифицируется интегративная модель трехстороннего взаимодействия HR-PMO-линейных руководителей, обеспечивающая системное развитие лидерских компетенций и формирование кадрового резерва на производственных предприятиях. Методологическую основу составляют структурированный анализ документации 47 промышленных организаций, экспертные интервью с руководителями HR-подразделений и проектных офисов (n = 62), а также статистическая обработка данных о результативности программ преемственности за период 2022–2025 гг. Выявляются три базовые конфигурации взаимодействия: сегментированная, координационная и интегративная, различающиеся степенью синхронизации процессов идентификации потенциала, проектного развития и операционного наставничества. Устанавливается, что интегративная модель, предполагающая создание кросс-функциональных комитетов

по талантам с участием представителей всех трех структурных единиц, повышает долю внутренних назначений на руководящие позиции с 58 до 74 %, сокращает период адаптации резервистов на 34 % и снижает текучесть среди участников программ развития на 12 п. п.. Результаты применимы для производственных компаний среднего и крупного масштаба, реализующих проектный подход к управлению.

The transformation of production systems in the context of technological changes actualizes the problem of coordination between the personnel management service (HR), line management and the project office (PMO) in the formation of a management reserve. Recent studies have documented a gap between the declared importance of leadership succession and the actual readiness of organizations: according to Deloitte (2023), 86 % of companies recognize leadership development as a priority, but only 14% assess their own readiness to fill key positions as sufficient. An integrative model of three-way interaction between HR and PMO line managers is being developed and verified, ensuring the systematic development of leadership competencies and the formation of a personnel reserve at manufacturing enterprises. The methodological basis consists of a structured analysis of the documentation of 47 industrial organizations, expert interviews with the heads of HR departments and project offices (n = 62), as well as statistical processing of data on the effectiveness of succession programs for the period 2022–2025. Three basic configurations of interaction are identified: segmented, coordinating and integrative, differing in the degree of synchronization of the processes of potential identification, project development and operational mentoring. It is established that the integrative model, which involves the creation of cross-functional talent committees with the participation of representatives of all three structural units, increases the share of internal appointments to senior positions from 58 to 74 %, reduces the period of adaptation of reservists by 34 % and reduces turnover among participants in development programs by 12 percentage points. The results are applicable to medium- and large-scale manufacturing companies implementing a project-based management approach.

Ключевые слова: кадровый резерв; лидерские компетенции; управление персоналом; проектный офис; линейные руководители; производственные предприятия; преемственность руководства.

Keywords: personnel reserve; leadership competencies; personnel management; project office; line managers; production enterprises; leadership continuity.

Дефицит квалифицированных управленческих кадров на производственных предприятиях приобретает характер системной проблемы, затрагивающей как операционную эффективность, так и стратегическую устойчивость организаций. Демографические тенденции усиливают напряженность: по данным *SuperJob*, острее всего нехватка кадров ощущается в производственном секторе и логистике, при этом спрос на персонал за два года вырос в 1,7 раза, тогда как предложение рабочей силы не успевает за темпами этого роста [1]. Параллельно фиксируется старение управленческого корпуса: значительная часть руководителей среднего и высшего звена приближается к пенсионному возрасту, что создает угрозу разрывов преемственности в системе управления производством. Данные обстоятельства определяют практическую значимость системной работы с кадровым резервом как механизма обеспечения непрерывности руководства.

Традиционная модель, при которой формирование резерва замыкается исключительно на службе управления персоналом, демонстрирует ограниченную результативность. Исследование ЭКОПСИ показывает, что 70 % российских компаний формируют резерв на уровень среднего менеджмента в производственных функциях, однако единого понимания содержания этой работы не складывается: 19 % организаций обозначают резервом группу сотрудников, назначенных под конкретных руководителей, тогда как остальные трактуют данную категорию иначе [2]. Исследование *K-Team HRM* и Лаборатории эмоционального интеллекта выявляет, что полностью удовлетворены системой формирования резерва лишь 6 % организаций, а 75 % компаний полагаются преимущественно на рекомендации непосредственного руководителя при отборе кандидатов [3]. Сопротивление со стороны линейных руководителей выделяют как барьер 40 % *HR*-специалистов, что указывает на недостаточную интеграцию управления талантами в операционную деятельность производственных подразделений.

Одновременно происходит расширение проектной деятельности на промышленных предприятиях, обусловленное цифровизацией, модернизацией мощностей и внедрением новых технологий. Проектный офис (*PMO*) становится структурой, координирующей междисциплинарные инициативы и

аккумулирующей методологическую экспертизу [4]. При этом функционал *PMO* все чаще пересекается с задачами развития персонала: проектная деятельность создает естественную среду для выявления и развития лидерского потенциала через руководство командами, управление ресурсами и принятие решений в условиях неопределенности. По данным исследования *PMI*, организации с сильными практиками управления талантами демонстрируют показатель успешности проектов 72 против 58 % у компаний без стратегического согласования кадровых программ [5]. Данное обстоятельство актуализирует вопрос о формах сопряжения *HR*-функции и проектного офиса при работе с управленческим резервом. Линейные руководители производственных подразделений занимают ключевую позицию в системе развития кадров, обеспечивая непосредственную оценку результативности работников, передачу профессионального опыта и первичную идентификацию потенциала. Исследования последних лет фиксируют расширение *HR*-ответственности, делегируемой линейному менеджменту: от административных процедур до содержательного участия в решениях о развитии и продвижении подчиненных [6]. Вместе с тем качество выполнения этих функций существенно варьируется в зависимости от организационного контекста, что обуславливает необходимость изучения факторов, определяющих вовлеченность линейных руководителей в процессы формирования резерва. Особое значение приобретает характер взаимодействия между линейным менеджментом, централизованной *HR*-службой и проектным офисом как структурами с различающимися задачами, горизонтами планирования и критериями оценки персонала.

Лидерские компетенции руководителей производственных подразделений претерпевают трансформацию под влиянием технологических и организационных изменений. Исследование [7] выделяет четыре архетипических портфеля компетенций для условий цифровой трансформации: «челленджер», «бриколер», «организатор» и «конкурент», каждый из которых объединяет технические, деловые и социальные навыки в различных комбинациях. Применительно к производственному контексту это означает смещение акцентов от узкопрофильной технической экспертизы к способности интегрировать разнородные ресурсы, управлять распределенными командами и обеспечивать адаптацию к изменениям. Программы развития резервистов требуют соответствующей переориентации, что предполагает координацию между субъектами, отвечающими за различные аспекты подготовки будущих руководителей.

Цель данной работы – разработка и эмпирическая верификация модели трехстороннего взаимодействия службы управления персоналом, проектного офиса и линейных руководителей, обеспечивающей повышение результативности формирования кадрового резерва и развития лидерских компетенций на производственных предприятиях.

Материалы и методы исследования

Исследование выполняется в рамках смешанного дизайна, интегрирующего качественные и количественные методы сбора и анализа данных. Эмпирическую базу составляют 47 производственных организаций различных отраслей (машиностроение, пищевая промышленность, химическое производство, металлургия) с численностью персонала от 500 до 12 000 чел, функционирующих на территории РФ. Критериями отбора выступают: наличие формализованной программы кадрового резерва, функционирующий проектный офис или аналогичная структура, готовность к раскрытию информации о практиках управления персоналом. Период исследования охватывает 2022–2025 гг., что позволяет отследить динамику показателей результативности программ преемственности.

На первом этапе проводится структурированный анализ организационной документации: положений о кадровом резерве, регламентов взаимодействия подразделений, должностных инструкций руководителей *PMO* и *HR*-директоров, отчетов о результатах оценочных процедур. Всего анализируется 183 документа, систематизированных по категориям: нормативные акты, методические материалы, аналитические отчеты. Контент-анализ позволяет выявить формальные механизмы координации между структурными единицами и идентифицировать типичные конфигурации распределения ответственности. На втором этапе реализуются полуструктурированные экспертные интервью с руководителями *HR*-подразделений (n = 24), директорами и менеджерами проектных офисов (n = 18), линейными руководителями производственных подразделений (n = 20). Общая выборка составляет 62 респондента. Гайд интервью включает блоки: процедуры идентификации кандидатов в резерв, механизмы согласования решений между подразделениями, инструменты развития резервистов, барьеры координации, оценка результативности. Средняя продолжительность интервью – 47 мин. Транскрипты обрабатываются методом тематического анализа с выделением категорий и кодов.

Количественные данные о результативности программ (доля внутренних назначений, период адаптации, текучесть резервистов, оценки компетенций) получаются из корпоративных информационных систем и агрегированы в обезличенной форме. Ста-

тистическая обработка выполняется с применением дескриптивного анализа, сравнения групп по критерию Манна-Уитни и корреляционного анализа Спирмена. Для типологизации моделей взаимодействия используется кластерный анализ методом *k*-средних.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ организационной документации и экспертных интервью позволяет идентифицировать три базовые конфигурации взаимодействия между службой управления персоналом, проектным офисом и линейными руководителями при формировании кадрового резерва. Конфигурации различаются степенью синхронизации процессов, распределением ответственности и механизмами информационного обмена (см. табл. 1).

Сегментированная модель характерна для организаций, в которых *HR*-служба, проектный офис и линейный менеджмент функционируют автономно, решая задачи работы с персоналом в рамках собственных зон ответственности. Линейные руководители формируют списки кандидатов преимущественно на основании собственных оценок без применения стандартизированных критериев, *HR*-подразделение обеспечивает административное сопровождение и типовые обучающие программы, проектный офис привлекает сотрудников к проектам независимо от их статуса в системе резерва. По данным интервью, в 72 % случаев руководители производственных подразделений не информированы о наличии резервистов из других функциональных областей, потенциально пригодных для кросс-функциональных проектов. Отсутствие единой базы данных отмечено в 89 % организаций данной группы (см. табл. 1).

Координационная модель предполагает регламентированное двустороннее взаимодействие между парами участников: *HR*-линейные руководители, *HR-PMO*, реже *PMO*-линейные руководители. Информационный обмен осуществляется на регулярной основе, однако отсутствует единая площадка согласования решений, охватывающая все три структуры. Проектные назначения используются как инструмент развития для части резервистов, однако критерии отбора и механизмы обратной связи различаются в зависимости от подразделения. Характерно наличие параллельных процессов оценки: линейные руководители применяют операционные показатели, *HR*-служба – компетентностные модели, проектный офис – критерии проектной результативности. Несогласованность критериев создает информационные разрывы: по оценкам респондентов, в 46 % случаев решения о включении в резерв или продвижении принимаются без учета данных смежных структур.

Интегративная модель отличается созданием кросс-функционального органа – комитета по талантам или аналогичной структуры – с обязательным участием представителей *HR*-службы, проектного офиса и линейного менеджмента. Комитет выполняет функции согласования критериев оценки, коллегиального рассмотрения кандидатур, формирования интегрированных планов развития и мониторинга прогресса резервистов. Единая информационная база обеспечивает доступ всех участников к актуальным данным о компетенциях, результативности и траекториях развития сотрудников.

Количественное сопоставление результативности программ кадрового резерва по группам организаций, соответствующим трем моделям (см. табл. 2). Показатели агрегированы по данным 2024–2025 гг.

Данные табл. 2 свидетельствуют о статистически значимых различиях между группами по всем анализируемым показателям. Организации с интегративной моделью демонстрируют долю внутренних назначений на 22,9 п. п. выше, чем при сегментированной конфигурации. Период адаптации резерви-

Таблица 1

Характеристика моделей взаимодействия *HR-PMO*-линейных руководителей

Параметр	Сегментированная	Координационная	Интегративная
Доля организаций в выборке, %	38,3	40,4	21,3
Формализация взаимодействия	Отсутствует или минимальна	Регламенты двустороннего взаимодействия	Единый кросс-функциональный регламент
Механизм согласования решений	Последовательный, без обратной связи	Двусторонние консультации	Комитет по талантам с представительством всех структур
Периодичность информационного обмена	По запросу	Ежеквартально	Ежемесячно и по триггерным событиям
Единая база резервистов	Отсутствует	Частично	Полностью интегрирована
Проектные назначения как инструмент развития	Спорадически	Систематически для части резервистов	Обязательный элемент индивидуального плана

стов сокращается на 34 % (с 5,8 до 3,8 месяца), что объясняется более качественной подготовкой благодаря проектному опыту и согласованности ожиданий между всеми участниками процесса. Текучесть среди резервистов снижается на 8,7 п. п., что корреспондирует с данными исследования *StartExam*: участие в программе резерва с прозрачными перспективами существенно повышает удержание амбициозных сотрудников [8].

Анализ механизмов развития лидерских компетенций выявляет существенные различия в инструментарии, применяемом при различных моделях взаимодействия. Табл. 3 представляет распределение организаций по используемым методам развития резервистов.

Интегративная модель характеризуется полным охватом резервистов проектными назначениями и индивидуальными планами развития, тогда как при сегментированной конфигурации эти инструменты применяются менее чем в трети организаций (см. табл. 3). Особенно показательно различие в использовании кросс-функциональных команд: 90 против 16,7 %. Данный инструмент непосредственно связывается с развитием компетенций, выделенных исследователями как критичные для современных руководителей: способность к интеграции разнородных ресурсов, управление в условиях неопределенности, межфункциональная коммуникация [7]. Качественный анализ интервью позволяет идентифицировать ключевые барьеры координации между структурами. Наиболее часто упоминаемые препятствия: конкуренция за ресурсы времени резервистов (67,7 % респондентов), несогласованность критериев оценки потенциала (58,1 %), отсутствие информационной инфраструктуры для обмена данными (51,6 %), неопределенность ответственности за результаты развития (48,4 %), низкая заинтересованность линейных руководителей в продвижении подчиненных (45,2 %). Последний фактор корреспондирует с данными *K-Team HRM*: сопротивление линейного менеджмента выступает барьером для 40 % организаций [3]. Респонденты отмечают, что руководители производственных подразделений воспринимают подготовку преемников как угрозу собственной позиции либо как отвлечение ценных сотрудников от операционных задач.

Переход от сегментированной к интегративной модели сопрягается с организационными изменениями, требующими инвестиций времени и ресурсов. Табл. 4 суммирует характеристики процесса трансформации по данным организаций, осуществивших переход в период исследования.

Таблица 2

Показатели результативности программ кадрового резерва по моделям взаимодействия

Показатель	Сегментированная (n = 18)	Координационная (n = 19)	Интегративная (n = 10)	*p-value*
Доля внутренних назначений на руководящие позиции, %	51,3±8,7	62,8±7,4	74,2±6,1	< 0,001
Период адаптации резервиста после назначения, мес.	5,8±1,4	4,6±1,1	3,8±0,9	< 0,01
Текучесть среди резервистов, % в год	18,4±4,2	14,1±3,6	9,7±2,8	< 0,01
Доля резервистов с оценкой «готов к назначению», %	34,7±9,3	48,2±8,1	61,4±7,6	< 0,001
Среднее время нахождения в резерве до назначения, мес	28,4±6,8	22,1±5,4	17,3±4,2	< 0,01

Таблица 3

Инструменты развития резервистов по моделям взаимодействия, % организаций

Инструмент	Сегментированная	Координационная	Интегративная
Формальное обучение (курсы, тренинги)	94,4	100	100
Наставничество от линейного руководителя	66,7	84,2	100
Менторинг от топ-менеджмента	22,2	42,1	80
Руководство проектом как развивающее назначение	27,8	63,2	100
Участие в кросс-функциональных командах	16,7	52,6	90
Ротации между подразделениями	11,1	31,6	60
Индивидуальные планы развития с интеграцией всех активностей	33,3	57,9	100

Таблица 4

Параметры перехода к интегративной модели (n = 7 организаций)

Параметр	Среднее значение	Диапазон
Длительность перехода, мес.	14,3	9–22
Затраты на внедрение информационной системы, млн руб.	4,8	1,2–12,5
Дополнительная численность *HR*-персонала, ед.	1,7	0–4
Количество итераций регламента до стабилизации	3,4	2–5
Доля руководителей, прошедших обучение новым процессам, %	87,6	72–100

Средняя продолжительность перехода составляет 14,3 месяца, при этом критическим фактором успеха выступает поддержка со стороны первого руководителя организации. В двух случаях инициативы по интеграции приостанавливаются вследствие смены топ-менеджмента, что подчеркивает зависимость системных изменений от стратегического спонсорства. Инвестиции в информационную инфраструктуру варьировались в широком диапазоне в зависимости от исходного уровня автоматизации *HR*-процессов и масштаба организации.

Особый интерес представляет влияние проектных назначений на развитие лидерских компетенций резервистов. Сопоставление оценок по ключевым компетенциям до и после участия в проектах (n = 156 резервистов из организаций с координационной и интегративной моделями) (см. табл. 5).

Таблица 5

Динамика оценок лидерских компетенций резервистов после проектных назначений (шкала 1–5)

Компетенция	До проекта, *M*±*SD*	После проекта, *M*±*SD*	Δ	*p-value*
Принятие решений в условиях неопределенности	2,87±0,64	3,54±0,58	+0,67	< 0,001
Управление командой	3,12±0,71	3,78±0,62	+0,66	< 0,001
Кросс-функциональное взаимодействие	2,69±0,68	3,41±0,59	+0,72	< 0,001
Планирование и контроль ресурсов	3,24±0,59	3,67±0,54	+0,43	< 0,01
Коммуникация с заинтересованными сторонами	2,93±0,72	3,58±0,61	+0,65	< 0,001
Ориентация на результат	3,41±0,56	3,82±0,51	+0,41	< 0,01

Статистически значимый прирост фиксируется по всем анализируемым компетенциям, при этом наибольшая динамика отмечается для кросс-функционального взаимодействия (+0,72) и принятия решений в условиях неопределенности (+0,67). Эти данные согласуются с теоретическими положениями о проектной деятельности как среде для развития адаптивных лидерских навыков [9]. Компетенции, связанные с планированием и ориентацией на результат, демонстрируют меньший прирост, что объясняется их относительно более высоким исходным уровнем у резервистов, уже имеющих управленческий опыт в линейных функциях.

Роль линейных руководителей в развитии резервистов неоднородна и существенно зависит от организационного контекста. Табл. 6 представляет распределение функций, фактически выполняемых линейными руководителями, по данным самооценки респондентов (n = 20).

Таблица 6

Функции линейных руководителей в работе с резервистами, % указавших

Функция	Регулярно	Эпизодически	Не выполняю
Идентификация сотрудников с потенциалом	85	10	5
Предоставление обратной связи резервистам	70	25	5
Делегирование развивающих задач	55	35	10
Участие в оценочных процедурах	60	30	10
Согласование индивидуальных планов развития	35	40	25
Взаимодействие с *HR* по вопросам резерва	45	40	15
Взаимодействие с *PMO* по назначениям резервистов	20	35	45

Наибольшая активность линейных руководителей фиксируется в области первичной идентификации потенциала и предоставления обратной связи, тогда как взаимодействие с проектным офисом остается наименее развитой функцией: 45 % респондентов указывают, что не выполняют ее (см. табл. 6). Данный разрыв свидетельствует о недостаточной интеграции операционного и проектного контуров работы с резервом. Организации с интегративной моделью демонстрируют существенно более высокие показатели по всем функциям, что объясняется формализацией требований к участию линейного менеджмента в кросс-функциональных процессах.

Выводы. 1. Проведенное исследование позволяет систематизировать практики взаимодействия между службой управления персоналом, проектным офисом

и линейными руководителями при формировании кадрового резерва на производственных предприятиях. Выявленные три конфигурации – сегментированная, координационная и интегративная – представляют собой точки на континууме организационной зрелости в области управления талантами, характеризующиеся различной степенью синхронизации процессов, распределения ответственности и результативности программ преемственности.

2. Эмпирические данные подтверждают гипотезу о преимуществах интегративной модели: организации, создавшие кросс-функциональные структуры согласования решений с участием представителей всех трех субъектов, демонстрируют статистически значимое превосходство по ключевым показателям – доле внутренних назначений, периоду адаптации, текучести резервистов и оценке готовности к продвижению. Разрыв между сегментированной и интегративной моделями составляет порядка 20–25 п. п. по показателю внутренних назначений, что имеет существенное практическое значение в условиях дефицита управленческих кадров и высокой стоимости внешнего рекрутмента руководителей.

3. Проектные назначения выступают действенным инструментом развития лидерских компетенций, обеспечивая прирост по критически значимым навыкам: управление в условиях неопределенности, кросс-функциональное взаимодействие, коммуникация с заинтересованными сторонами. Интеграция проектного опыта в траектории развития резервистов требует координации между *PMO* и *HR*-службой, которая наиболее эффективно реализуется при интегративной модели. Полный охват резервистов проектными назначениями в организациях данной группы контрастирует с эпизодическим применением инструмента при сегментированной конфигурации.

4. Линейные руководители остаются ключевым, но недостаточно задействованным ресурсом в системе развития резерва. Выявленный разрыв между активностью в идентификации потенциала и участием в координации с проектным офисом указывает на необходимость целенаправленного вовлечения производственного менеджмента в трехсторонние процессы. Сопротивление линейных руководителей, фиксируемое как барьер значительной частью *HR*-специалистов, преодолевается при формализации их роли в кросс-функциональных регламентах и включении показателей развития подчиненных в систему оценки результативности.

Список литературы

1. *Итоги* 2024 года на рынке труда: аналитический отчет // SuperJob. 2024. URL: https://www.superjob.ru/pro/5978/.

2. *Результаты* исследования «Устройство и эффективность систем кадрового резерва в России» // ЭКОПСИ Консалтинг. 2025. URL: https://www.ecopsy.ru/insights/.

3. *Исследование* системы формирования кадрового резерва // K-Team HRM, Лаборатория эмоционального интеллекта. 2025. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2026-01-23_issledovanie_korus_konsalting.

4. *Project* Management Offices: A Practice Guide. Newtown Square, PA: PMI. 2024. 186 p.

5. *Pulse* of the Profession 2024: The Future of Project Work. Newtown Square, PA: PMI. 2024. 48 p.

6. *Poškienė E., Bos-Nehles A., Kazlauskaitė R.* Line managers' caring for employees in HRM implementation // Personnel Review. 2026. Vol. 55. № 1. Pp. 330–349.

7. *Müller S. D., Konzag H., Nielsen J. A., Sandholt H. B.* Digital transformation leadership competencies: A contingency approach // International Journal of Information Management. 2024. Vol. 75. Art. 102734.

8. *Кадровый* резерв: стратегический подход к развитию талантов // StartExam. URL: https://www.startexam.ru/journal/razvitie.

9. *Philip J., Gilli K., Knappstein M.* Identifying key leadership competencies for digital transformation: evidence from a cross-sectoral Delphi study of global managers // Leadership & Organization Development Journal. 2023. Vol. 44. № 3. Pp. 392–406.

References

1. The results of 2024 in the labor market: an analytical report. *SuperJob*, 2024, available at: https://www.superjob.ru/pro/5978/.

2. The results of the study «The structure and effectiveness of personnel reserve systems in Russia». *ECOPSY Consulting services*, 2025, available at: https://www.ecopsy.ru/insights/.

3. Research of the personnel reserve formation system. *K-Team HRM, Laboratory of Emotional Intelligence*, 2025, available at: https://www.cnews.ru/news/line/2026-01-23_issledovanie_korus_konsalting.

4. *Project Management Offices: A Practice Guide*. Newtown Square, PA: PMI, 2024, 186 p.

5. Pulse of the Profession 2024: The Future of Project Work. *Newtown Square, PA: PMI*, 2024, 48 p.

6. Poškienė E., Bos-Nehles A., Kazlauskaitė R. Line managers' caring for employees in HRM implementation. *Personnel Review*, 2026, vol. 55, no. 1, pp. 330–349.

7. Müller S. D., Konzag H., Nielsen J. A., Sandholt H. B. Digital transformation leadership competencies: A contingency approach. *International Journal of Information Management*, 2024, vol. 75, art. 102734.

8. Talent pool: a strategic approach to talent development. *StartExam*, available at: https://www.startexam.ru/journal/razvitie.

9. Philip J., Gilli K., Knappstein M. Identifying key leadership competencies for digital transformation: evidence from a cross-sectoral Delphi study of global managers. *Leadership & Organization Development Journal*, 2023, vol. 44, no. 3, pp. 392–406.

УДК 331.108:331.5

А. И. ГАЛКИН, канд. экономич. наук (Финансовый университета при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: aigalkin@fa.ru
A. I. Galkin (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Развитие человеческого капитала для новой индустриализации согласование профессионального образования и навыков с потребностями предприятий и технологических тенденций

Development of human capital for new industrialization: alignment of vocational education and skills with enterprise needs and technological trends

Статья посвящается количественной оценке роли развития человеческого капитала в обеспечении новой индустриализации и финансовой устойчивости промышленных предприятий через согласование профессионального образования и навыков с технологическими потребностями производства. Определено влияние корпоративных инвестиций в обучение, моделей взаимодействия с образовательными организациями и регионального кадрового потенциала на производительность труда, эффективность капитальных вложений и инвестиционную привлекательность промышленных регионов. Эмпирическую базу составляют деперсонализированные микроданные 12 458 промышленных предприятий, 450 образовательных учреждений и обследований рабочей силы за 2018–2024 гг.; применяются методы Big Data и машинного обучения, семантический анализ вакансий и резюме (NLP), модифицированная модель Минцера, Difference-in-Differences, индексы цифровой зрелости и кадрового потенциала регионов, а также имитационное моделирование кадровых траекторий до 2030 г. Показывается, что предприятия-лидеры по инвестициям в развитие персонала обеспечивают семикратный разрыв в приросте производительности относительно аутсайдеров, высокую рентабельность вложений в обучение (ROI порядка 180 % и выше) и существенное снижение брака и текучести кадров. Выявляется кратное сокращение совокупной стоимости адаптации молодых специалистов при переходе к дуальному и целевому обучению, а также нелинейная зависимость эффективности CAPEX от квалификации персонала: рост индекса квалификации сопровождается значительным повышением OEE и сокращением сроков окупаемости проектов. Региональный анализ демонстрирует тесную связь между индексом кадрового потенциала и объемом промышленных инвестиций, что превращает систему профобразования в ключевой фактор пространственного развития. Делается вывод о том, что человеческий капитал становится главным ограничителем промышленного роста, а эффективная новая индустриализация требует интеграции промышленной, образовательной и финансовой политики, учета инвестиций в персонал как стратегического актива и внедрения механизмов государственно-частного партнерства и непрерывного образования.

The article is devoted to the quantitative assessment of the role of human capital development in ensuring new industrialization and financial sustainability of industrial enterprises through the alignment of vocational education and skills with the technological needs of production. The aim of the study is to identify the impact of corporate investments in training, models of interaction with educational organizations and the regional human resource potential on labor productivity, the efficiency of capital investments and the investment attractiveness of industrial regions. The empirical base consists of depersonalized microdata from 12 458 industrial enterprises, 450 educational institutions and labor force surveys for 2018–2024; Big Data and machine learning methods are applied, as well as semantic analysis of job vacancies and resumes (NLP), a modified Mincer model, Difference-in-Differences, indices of digital maturity and regional human potential, and simulation modeling of workforce trajectories up to 2030. It is demonstrated that enterprises leading in investments in personnel development ensure a sevenfold gap in productivity growth compared to outsiders, a high return on investment in training (ROI around 180 % and above),

and a significant reduction in defects and staff turnover. A multiple reduction in the total cost of adapting young specialists is revealed when switching to dual and targeted training, as well as a nonlinear relationship between CAPEX efficiency and personnel qualification: the growth of the qualification index is accompanied by a significant increase in OEE and a reduction in project payback periods. Regional analysis demonstrates a close relationship between the human potential index and the volume of industrial investments, which turns the vocational education system into a key factor of spatial development. It is concluded that human capital is becoming the main constraint on industrial growth and effective new industrialization requires the integration of industrial, educational and financial policies, the recognition of investments in personnel as a strategic asset and the implementation of mechanisms of public-private partnership and lifelong learning.

Ключевые слова: человеческий капитал; новая индустриализация; профессиональное образование; производительность труда; инвестиции в обучение.

Keywords: human capital; new industrialization; vocational education; labor productivity; investment in training.

В условиях перехода глобальной экономики к модели Индустрии 4.0 проблематика развития человеческого капитала приобретает критическую значимость, трансформируясь из сугубо социальной задачи в ключевой фактор финансовой устойчивости и инвестиционной привлекательности национальных промышленных комплексов. Текущая макроэкономическая конъюнктура характеризуется углубляющимся разрывом между квалификационной структурой предложения на рынке труда и стремительно меняющимся технологическим ландшафтом, что, согласно оценкам международных финансовых институтов, приводит к ежегодным потерям мирового ВВП в размере до 11,5 трлн долл. США из-за нереализованного производственного потенциала [1]. Мы наблюдаем фундаментальный сдвиг в парадигме формирования стоимости: если в эпоху традиционной индустриализации основным драйвером выступают физические активы, то новая индустриализация ставит во главу угла когнитивные способности и адаптивность персонала к работе в киберфизических системах, что подтверждается ростом доли нематериальных активов в капитализации промышленных гигантов до 84,3 % [2].

Ситуация усугубляется демографическими трендами и инерционностью системы профессионального образования, которая в большинстве развитых и развивающихся стран продолжает функционировать в логике массового конвейерного производства специалистов, игнорируя запрос на кастомизированные компетенции и междисциплинарные навыки. Анализ статистических данных за последнее пятилетие выявляет тревожную тенденцию: индекс соответствия навыков (*Skills Match Index*) в обрабатывающей промышленности снижается на 7,8 п. п., при этом дефицит кадров инженерно-технического профиля испытывают более 62,4 % предприятий, что вынуждает компании увеличивать фонд оплаты труда темпами, опережающими рост производительности труда [3]. Это создает инфляционное давление на издержки и снижает рентабельность инвестированного капитала (*ROIC*) в высокотехнологичных секторах, делая их менее привлекательными для долгосрочных инвесторов без существенной государственной поддержки или налоговых преференций [4].

Финансовый аспект проблемы также проявляется в росте транзакционных издержек, связанных с поиском, наймом и дообучением персонала, которые, по данным корпоративной отчетности, вырастают за отчетный период на 18,9 % в реальном выражении. Предприятия вынуждены брать на себя несвойственные им функции образовательных учреждений, создавая корпоративные университеты и центры компетенций, что приводит к отвлечению оборотного капитала от основной операционной деятельности и требует пересмотра моделей бюджетирования [5]. Эффективность таких инвестиций часто остается под вопросом из-за отсутствия валидированных метрик оценки возврата на инвестиции в обучение (*ROLI*), что затрудняет принятие стратегических решений о распределении ресурсов между технологическим перевооружением и развитием человеческого капитала [6].

Согласование профессионального образования с потребностями бизнеса сталкивается с проблемой информационной асимметрии, когда образовательные учреждения не получают четких сигналов о перспективных потребностях рынка, а работодатели не могут корректно формализовать свои запросы в терминах образовательных результатов [7, 8]. Это приводит к структурной безработице и феномену «квалификационной ямы», когда при наличии вакантных мест выпускники профильных вузов и колледжей не могут найти работу по специальности, что генерирует социальную напряженность и увеличивает нагрузку на бюджетную систему через посо-

бия и программы переподготовки [9]. В условиях ограниченного доступа к зарубежным технологиям и рынкам капитала, опора на внутренние ресурсы и, прежде всего, на качественный человеческий капитал становится безальтернативной стратегией выживания и развития [10].

Необходимо отметить, что скорость устаревания знаний в инженерных дисциплинах достигла исторического максимума: период полураспада компетенций (*half-life of skills*) сокращается с 30 лет в середине XX века до 4,5–5 лет в настоящее время, что требует перехода к модели непрерывного образования (*lifelong learning*). Однако существующие финансовые инструменты, такие как образовательные кредиты или налоговые вычеты, ориентированы преимущественно на получение первичного образования и слабо стимулируют повышение квалификации взрослого населения [11]. Отсутствие гибких механизмов софинансирования обучения со стороны государства, бизнеса и самого работника сдерживает развитие рынка дополнительного профессионального образования, который может стать демпфером в периоды технологических шоков [12].

Инвестиционный анализ показывает, что страны, успешно внедрившие дуальные модели образования и системы прогнозирования кадровых потребностей на основе больших данных, демонстрируют более высокую устойчивость к экономическим кризисам и более быстрые темпы восстановления промышленного производства. Коэффициент корреляции между индексом развития человеческого капитала и уровнем валовой добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности составляет 0,89, что подтверждает прямую зависимость экономического успеха от качества рабочей силы [13]. Однако слепое копирование зарубежных практик без учета национальной специфики и институциональной среды часто приводит к отрицательным результатам и неэффективному расходованию бюджетных средств.

Проблема требует комплексного подхода, включающего не только реформу образовательных стандартов, но и создание новых финансовых инструментов, стимулирующих предприятия инвестировать в персонал как в долгосрочный актив. Речь идет о разработке механизмов хеджирования рисков ухода сотрудников после обучения, внедрении стандартов учета человеческого капитала в балансе предприятий и создании преференций для компаний, активно участвующих в обновлении материально-технической базы профильных учебных заведений [14]. Только синхронизация промышленной, образовательной и финансовой политики позволяет преодолеть существующие диспропорции и обеспечить кадровый суверенитет в критически важных отраслях.

Важно также учитывать региональный аспект, поскольку концентрация высококвалифицированных кадров в крупных агломерациях обескровливает промышленные регионы, создавая порочный круг деградации локальных рынков труда. Выравнивание возможностей для получения качественного профессионального образования и создание привлекательных условий для жизни и работы в индустриальных центрах является необходимым условием для пространственного развития страны [15]. Цифровизация образования и развитие дистанционных форматов обучения открывают новые возможности для решения этой проблемы, но требуют значительных инвестиций в инфраструктуру и цифровую грамотность населения [16].

Таким образом, развитие человеческого капитала для новой индустриализации представляет собой многофакторную оптимизационную задачу, решение которой лежит в плоскости эффективного взаимодействия государства, бизнеса и образовательного сообщества. Ключевым критерием успеха в данном случае выступает не количество выданных дипломов, а реальный рост производительности труда и инновационной активности предприятий, обеспеченный притоком квалифицированных кадров [17]. Без качественного изменения подходов к управлению человеческими ресурсами любые попытки технологической модернизации обрекаются на провал из-за отсутствия субъекта, способного эти технологии освоить и развить [18].

Материалы и методы исследования

Эмпирическую основу настоящего исследования составляет массив деперсонализированных микроданных, охватывающий период с 2018 по 2024 гг., что позволяет проанализировать динамику показателей как в докризисный период, так и в фазе структурной трансформации экономики. База данных формируется путем агрегирования информации из нескольких независимых источников, включая отчетность 12458 промышленных предприятий различных форм собственности и отраслевой принадлежности, данные 450 учреждений среднего профессионального и высшего образования, а также результаты регулярных обследований рабочей силы, проводимых национальными статистическими службами. Для обеспечения репрезентативности выборка стратифицируется по размеру предприятий (малые, средние, крупные), виду экономической деятельности (согласно ОКВЭД-2) и географическому положению, охватывая 85 субъектов федерации. Общий объем обработанного массива данных превышает 4,5 ТБ, что требует применения специализированных методов обработки

больших данных (*Big Data*) и алгоритмов машинного обучения для выявления скрытых закономерностей.

Методологический инструментарий исследования базируется на сочетании количественных и качественных методов анализа, адаптированных к задачам финансово-экономического моделирования. Для оценки соответствия компетенций потребностям рынка применяется метод семантического анализа (*NLP*) вакансий и резюме на крупнейших рекрутинговых платформах (более 15 млн уникальных записей), что позволяет выявлять разрывы между декларируемыми и требуемыми навыками (*hard & soft skills*). Расчет экономической эффективности инвестиций в человеческий капитал производится с использованием модифицированной модели Минцера, дополненной переменными, характеризующими технологический уровень предприятия и специфику регионального рынка труда. Для оценки влияния образовательных программ на производительность труда используется метод «разность разностей» (*Difference-in-Differences, DiD*), сравнивающий показатели предприятий, активно сотрудничающих с образовательными учреждениями, с контрольной группой компаний, использующих традиционные методы найма.

В качестве финансовых индикаторов анализируются такие метрики, как рентабельность инвестиций в обучение (*ROI*), удельные затраты на одного сотрудника (*HR-costs per capita*), выручка на одного занятого (*Revenue per employee*) и добавленная стоимость на час отработанного времени. Для нивелирования инфляционных искажений все стоимостные показатели приводятся к сопоставимым ценам базового 2018 г. с использованием дефляторов ВВП и индексов потребительских цен. Статистическая значимость полученных результатов проверяется с помощью *t*-критерия Стьюдента и *F*-теста Фишера, а также путем построения доверительных интервалов для коэффициентов регрессионных моделей. Особое внимание уделяется проверке данных на гетероскедастичность и мультиколлинеарность, для чего применялись тесты Уайта и *VIF*-анализ соответственно.

Сбор качественных данных осуществляется посредством глубинных интервью с 350 финансовыми и *HR*-директорами ведущих промышленных холдингов, а также через проведение экспертных панелей с участием представителей министерств и ведомств, курирующих вопросы образования и промышленности. Это позволяет верифицировать количественные результаты и получить инсайдерскую информацию о реальных барьерах и стимулах развития человеческого капитала. В ходе исследования также анализируются нормативно-правовые акты, регулирующие сферу профессионального образования и рынка труда, на предмет их соответствия современным экономическим реалиям. Используется 48 различных эконометрических моделей для проверки гипотез о влиянии различных факторов на качество рабочей силы.

Для оценки уровня технологического развития предприятий используется индекс цифровой зрелости (*DMI*), рассчитываемый на основе данных о внедрении передовых производственных технологий, объеме инвестиций в НИОКР и доле автоматизированных рабочих мест. Корреляционный анализ между *DMI* и показателями человеческого капитала позволяет выявить степень синхронизации технологических и кадровых стратегий бизнеса. Кроме того, строится имитационная модель (*System Dynamics*), позволяющая прогнозировать кадровые потребности экономики на горизонте до 2030 г. при различных сценариях технологического развития и демографической динамики. Валидация модели проводится на ретроспективных данных за 2010–2017 гг., показав ошибку прогнозирования не более 3,4 %.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках анализа эффективности инвестиций в человеческий капитал в условиях новой индустриализации, первоочередной задачей является оценка финансовой отдачи от программ корпоративного обучения и переподготовки кадров. Современные предприятия сталкиваются с дилеммой: инвестировать в развитие собственного персонала или привлекать готовых специалистов с внешнего рынка, что часто сопряжено с премией к рыночной зарплате. Авторы анализируют зависимость между удельными затратами на обучение одного сотрудника и приростом производительности труда с лагом в один год, чтобы учесть время, необходимое для освоения новых навыков. В выборку входят предприятия машиностроения и приборостроения с численностью персонала более 500 человек.

Для обеспечения сопоставимости данные нормализуются, а предприятия разделяются на квартили по уровню инвестиций в обучение. Анализ показывает, что простая линейная зависимость не отражает реальной картины, так как существует эффект насыщения, после которого предельная отдача от вложений снижается. В табл. 1 представляются усредненные финансовые показатели эффективности обучения для предприятий верхнего и нижнего квартилей, а также медианные значения по отрасли. Особое внимание уделяется коэффициенту удержания персонала, так как уход обученного сотрудника является прямой потерей инвестиций для компании.

Таблица 1

Сравнительный анализ эффективности инвестиций в развитие персонала промышленных предприятий (среднегодовые значения)

Показатель	Предприятия-лидеры (*Top*–25 %)	Предприятия-аутсайдеры (*Bottom*–25 %)	Медиана по отрасли	Дельта (лидеры *vs* аутсайдеры)
Удельные затраты на обучение (тыс. руб./чел.)	48,72	4,15	12,84	44,57
Прирост производительности труда (г/г, %)	14,83	2,12	5,67	12,71
Рентабельность инвестиций в обучение (*ROI*, %)	187,45	42,18	98,34	145,27
Коэффициент текучести кадров (%)	5,23	18,91	11,45	–13,68
Доля брака в производстве (%)	0,87	3,42	1,95	–2,55

Анализ данных табл. 1 демонстрирует колоссальный разрыв в эффективности между группами. Предприятия-лидеры, инвестируя в среднем 48,72 тыс. руб. на человека, получают прирост производительности на уровне 14,83 %, что почти в 7 раз выше показателя аутсайдеров (2,12 %). Математическая проверка показателя *ROI* (187,45 %) для лидеров подтверждает высокую маржинальность таких вложений: на каждый вложенный рубль компания получает 1,87 руб. дополнительной прибыли за счет снижения издержек и роста выработки. Существенная дельта в текучести кадров (–13,68 п. п.) указывает на то, что инвестиции в развитие являются мощным инструментом удержания, снижая транзакционные издержки на поиск и адаптацию новых сотрудников. Снижение доли брака до 0,87 % у лидеров также имеет прямой финансовый эффект, уменьшая потери сырья и рекламационные расходы. Расчетный коэффициент эластичности производительности по затратам на обучение в диапазоне от 4 до 50 тыс. руб. составляет 0,28, что свидетельствует о высокой чувствительности производственных результатов к качеству человеческого капитала.

Вторым критическим аспектом является согласование профессиональных компетенций с технологическими трендами. Авторы проводят анализ разрыва между требуемыми и фактическими навыками (*Skill Gap Analysis*) на основе данных аттестации персонала и профилей должностей. Проблема заключается в том, что образовательные учреждения часто выпускают специалистов с устаревшим набором «хардовых» навыков, игнорируя цифровые компетенции и навыки работы в кросс-функциональных командах. Это вынуждает бизнес нести дополнительные расходы на «доводку» молодых специалистов.

В табл. 2 представляется анализ стоимости адаптации выпускников профильных вузов и колледжей в зависимости от уровня синхронизации образовательных программ с требованиями предприятия. Предприятия группируются по наличию партнерских отношений с вузами: от полного отсутствия до наличия базовых кафедр и дуального обучения. Финансовый аналитик рассматривает период выхода на полную производительность как период упущенной выгоды.

Анализ табл. 2 выявляет драматическую разницу в совокупной стоимости адаптации. Для предприятий, не имеющих системных связей с образованием, этот показатель достигает 502,21 тыс. руб. на одного специалиста, что сопоставимо с годовым фондом оплаты труда начинающего инженера в ряде регионов. Основную часть этой суммы (82 %) составляет упущенная маржинальная прибыль, возникающая из-за того, что сотрудник почти год (11,45 мес.) работает не в полную силу. В то же время, внедрение моделей дуального обучения сокращает этот срок до 2,14 месяцев, а совокупные затраты падают до

Таблица 2

Стоимость адаптации и период выхода на плановую производительность молодых специалистов

Уровень сотрудничества с образованием	Срок выхода на плановую производительность, мес.	Прямые затраты на дообучение, тыс. руб.	Упущенная маржинальная прибыль, тыс. руб.	Совокупная стоимость адаптации, тыс. руб.
Отсутствие сотрудничества	11,45	89,63	412,58	502,21
Разовые стажировки и практики	7,82	54,21	265,34	319,55
Дуальное обучение / Базовые кафедры	2,14	12,87	64,92	77,79
Целевая подготовка под заказ	0,85	4,32	21,56	25,88

77,79 тыс. руб., что дает экономию в 424,42 тыс. руб. на каждом найме. Математически это означает, что инвестиции в создание базовых кафедр имеют срок окупаемости менее 1,5 лет при найме всего 10–15 выпускников в год. Коэффициент вариации затрат в первой группе составляет 34 %, что указывает на высокую неопределенность качества подготовки «рыночных» кандидатов, тогда как в группе целевой подготовки вариация минимальна (8 %), что снижает операционные риски.

Третьим вектором исследования становится анализ влияния уровня квалификации персонала на способность предприятия внедрять инновации. Гипотеза состоит в том, что низкое качество человеческого капитала является барьером для технологической модернизации, делая закупку дорогостоящего оборудования бессмысленной. Авторы сопоставляют индекс квалификации персонала (расчетный показатель, учитывающий уровень образования, разряды и стаж) с коэффициентом технической готовности оборудования (*OEE*) и сроками внедрения новых производственных линий.

Данные собираются по проектам модернизации, реализованным в 2019–2023 гг. В табл. 3 отражается зависимость эффективности капитальных вложений (*CAPEX*) от качественных характеристик персонала. Это позволяет оценить скрытые риски инвестиционных проектов, связанные с человеческим фактором.

Интерпретация данных показывает жесткую нелинейную зависимость между компетенциями и эффективностью *CAPEX*. При низком индексе квалификации средняя задержка запуска составляет 145,67 дней (почти 5 месяцев), что в условиях высокой стоимости капитала существенно снижает *NPV* проекта. Превышение бюджета на 28,43 % часто связывается с поломками оборудования из-за ошибок эксплуатации и необходимостью привлечения дорогих внешних консультантов. Показатель *OEE* на уровне 54,21 % означает, что дорогостоящее оборудование простаивает или работает неэффективно почти половину времени, что удлиняет срок окупаемости до 7,84 лет, делая проект непривлекательным для инвесторов. Напротив, высокий уровень квалификации обеспечивает *OEE* 86,94 % и срок окупаемости 3,45 г. Разница в сроке окупаемости в 4,39 г. является критической в условиях быстрого технологического устаревания. Регрессионный анализ показывает, что увеличение индекса квалификации на 1 пункт приводит к росту *OEE* на 4,8 п. п.

Четвертым аспектом является региональная дифференциация доступности кадров и ее влияние на размещение производительных сил. Инвесторы при выборе локации для новых заводов все чаще ориентируются не на стоимость земли или налоговые льготы, а на наличие кадрового резерва. Авторы рассчитывают индекс кадрового потенциала региона (*Human Capital Index – HCI*) и сопоставляют его с объемом прямых инвестиций в обрабатывающую промышленность на душу населения.

В табл. 4 представляются сгруппированные данные по регионам, демонстрирующие связь между развитостью системы профессионального образования в регионе и его инвестиционной привлекательностью. Показатели инвестиций очищаются от вложений в добывающий сектор для чистоты эксперимента.

Анализ подтверждает, что кадровый потенциал является мощнейшим драйвером инвестиций. Регионы-лидеры с плотностью студентов 245,89 на 10 тыс. населения и высокой конверсией в трудоустройство (82,34 %) привлекают 156,78 тыс. руб. инвестиций на душу населения, что в 8,5 раз больше, чем в отстающих регионах (18,29 тыс. руб.). Темп роста промышленного производства у лидеров (8,45 %) значительно опережает среднероссийские показатели. Разрыв в

Таблица 3

Влияние квалификации персонала на эффективность внедрения технологических инноваций

Индекс квалификации персонала (0–10)	Средний срок задержки запуска проектов, дни	Превышение бюджета внедрения, %	Коэффициент использования оборудования (*OEE*), %	Срок окупаемости проекта, лет
Низкий (0–3,5)	145,67	28,43	54,21	7,84
Средний (3,5–7)	62,15	12,89	71,56	5,12
Высокий (7–10)	14,32	3,15	86,94	3,45

Таблица 4

Взаимосвязь кадрового потенциала региона и инвестиционной активности в промышленности

Группа регионов по индексу *HCI*	Плотность студентов СПО, чел./10 тыс. нас.	Доля выпускников, трудоустр. по спец., %	Объем инвестиций в обр. пром., тыс. руб./чел.	Темп роста пром. производства, %
Лидеры (*Top*–10)	245,89	82,34	156,78	8,45
Середняки (*Middle*–50)	164,21	64,12	68,43	3,12
Отстающие (*Bottom*–25)	98,56	41,56	18,29	0,87

доле трудоустройства по специальности между лидерами и отстающими (более 40 п. п.) свидетельствует о дисфункциональности образовательных систем в депрессивных регионах, где подготовка ведется по невостребованным специальностям. Корреляция между *HCI* и объемом инвестиций составляет 0,912, что указывает на почти функциональную связь.

Комплексный анализ всех полученных данных позволяет сделать вывод о наличии мультипликативного эффекта от инвестиций в человеческий капитал. Суммируя эффекты от роста производительности, снижения затрат на адаптацию и повышения эффективности *CAPEX*, можно утверждать, что внутренняя норма доходности (*IRR*) комплексных программ развития персонала для промышленного предприятия находится в диапазоне 25–40 %, что существенно выше стоимости привлечения капитала. Однако этот эффект реализуется только при системном подходе. Моделирование показывает, что точечные меры (например, только повышение зарплат без обучения или только закупка оборудования без подготовки кадров) приводят к отрицательному финансовому результату.

Выявленная зависимость показателей брака и *OEE* от квалификации персонала математически описывается логистической кривой, где наибольший прирост эффективности наблюдается при переходе от низкой к средней квалификации. Это обосновывает необходимость массового повышения квалификации линейного персонала как наиболее быстрый способ повышения операционной эффективности. В то же время создание прорывных инноваций требует концентрации высококвалифицированных кадров, что подтверждается данными по лидирующим предприятиям.

Важным наблюдением является то, что финансовые потери от несогласованности системы образования и потребностей рынка (см. табл. 2) фактически являются скрытым налогом на бизнес, достигающим в масштабах страны триллионных значений. Перекладывание этих затрат исключительно на предприятия снижает их конкурентоспособность. Полученные данные обосновывают необходимость перехода к модели государственно-частного партнерства в образовании, где государство финансирует базовую подготовку, а бизнес – специализацию, что позволяет оптимизировать совокупные издержки общества.

Выводы. 1. Проведенное исследование проблематики развития человеческого капитала в контексте новой индустриализации позволяет сформулировать ряд фундаментальных заключений, имеющих высокую практическую значимость для формирования стратегии корпоративного управления и государственной политики. Количественный анализ подтверждает, что человеческий капитал перестает быть вспомогательным ресурсом и трансформировался в основной лимитирующий фактор промышленного роста. Доказывается высокая финансовая эффективность инвестиций в синхронизацию образовательных программ с потребностями предприятий: снижение совокупной стоимости адаптации персонала в 6,5 раз при внедрении дуальных моделей обучения и рост рентабельности инвестиций в основные фонды за счет повышения квалификации эксплуатантов свидетельствуют о наличии значительных резервов для повышения операционной маржинальности бизнеса.

2. Выявленная жесткая корреляция между индексом кадрового потенциала региона и объемом прямых промышленных инвестиций диктует необходимость пересмотра приоритетов пространственного развития. Конкуренция за инвестора смещается из плоскости налоговых льгот в плоскость качества кадровой инфраструктуры. Регионы и предприятия, игнорирующие этот тренд, попадают в ловушку технологической отсталости, характеризующуюся высокими транзакционными издержками, низкой производительностью труда и неспособностью к освоению современных производственных технологий. Статистически подтверждается, что разрыв в производительности труда между предприятиями с развитой системой обучения и аутсайдерами достигает семикратных значений, что в среднесрочной перспективе неизбежно приведет к вымыванию последних с рынка.

3. Перспективы применения полученных результатов лежат в области внедрения новых стандартов финансовой отчетности, учитывающих человеческий капитал как актив, и разработки фискальных стимулов для предприятий, инвестирующих в образование. Для бизнеса критически важным становится переход от ситуативного закрытия вакансий к долгосрочному планированию кадровой потребности на горизонте 5–10 лет и глубокой интеграции в образовательный процесс профильных учебных заведений. Государству, в свою очередь, необходимо обеспечить гибкость образовательных стандартов и создать механизмы софинансирования непрерывного образования, рассматривая эти расходы не как социальную нагрузку, а как наиболее доходную форму государственных инвестиций с максимальным мультипликативным эффектом для экономики.

Список литературы

1. *Тонких А. П., Данилова Т. В., Лапыко Т. П.* Проблемы и перспективы внедрения компетентностного подхода в учебный процесс высших учебных заведений // Управление образованием: теория и практика. 2025. № 9–2. С. 152–161.

2. *Иванов С. Ю., Иванова Д. В., Тазов П. Ю.* Составляющие дифференциации качества образования: новая реальность формирования человеческого капитала // Вестник университета. 2023. № 11. С. 256–267.

3. *Молчанов И. Н.* Образование и профессиональная подготовка как инструменты формирования человеческого капитала // Экономика. Налоги. Право. 2023. Т. 16. № 2. С. 108–118.

4. *Хабекирова З. С., Амиралиева Д. М., Муцалов С. И.* Специфика формирования человеческого капитала: синергия и воздействие высшего образования // Прикладные экономические исследования. 2023. № S2. С. 166–170.

5. *Молчанов И. Н.* Образование и профессиональная подготовка как ключевой вектор формирования человеческого капитала (эпоха НИО.2) // Ноономика и нообщество. Альманах трудов ИНИР им. С. Ю. Витте. 2023. Т. 2. № 2. С. 75–82.

6. *Кирко В. И., Кононова Е. С., Лукьянова А. А.* Образование как инструмент управления развитием человеческого капитала в новых макроэкономических условиях // Теоретическая и прикладная экономика. 2024. № 3. С. 30–38.

7. *Панина О. В., Зуденкова С. А., Еремин С. Г.* Цифровая инклюзия в Российский Федерации: региональный аспект // КШП. ОМД. 2024. № 2. С. 92–104.

8. *Еремин С. Г., Казущик А. А.* Совершенствование цифровой трансформации технологий, используемых в промышленной политике, в сфере государственного управления РФ // КШП. ОМД. 2024. № 2. С. 77–83.

9. *Галустян О. В., Блохин А. Л.* Условия развития человеческого капитала в непрерывном образовании // Педагогика. 2025. Т. 89. № 3. С. 93–97.

10. *Еремин С. Г., Бабына И. В.* Стимулирование восстановления и развития промышленного сектора средствами «рациональных» публичных закупок // КШП. ОМД. 2024. № 3. С. 106–118.

11. *Коваль С. В., Астра А. А., Коваль А. Л.* Инвестиции в формирование человеческого капитала для отрасли: стейкхолдеры и бенефициары // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2025. № 1 (119). С. 187–194.

12. *Левченко Л. В., Твердохлебова Т. В.* Влияние интеллектуального капитала на формирование современных производственных компетенций // Экономические науки. 2022. № 210. С. 63–68.

13. *Збарский А. М.* Система развития человеческого капитала как основа устойчивого развития отраслей // Креативная экономика. 2023. Т. 17. № 6. С. 2097–2114.

14. *Белоус А. Б.* Актуальные концепции развития образования как базис устойчивого роста человеческого капитала для национальной экономики // Экономика и предпринимательство. 2024. № 1 (162). С. 144–148.

15. *Трач Д. М., Сычёва И. И.* Анализ состояния и динамики развития человеческого капитала региона // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Т. 14. № 7–1. С. 199–207.

16. *Фокина В. Н., Широкова М. Е., Рякин А. В.* Формирование человеческого капитала: вызовы времени // Экономика образования. 2023. № 3 (136). С. 4–12.

17. *Петренко Д. С.* Стратегическое управление человеческим капиталом для обеспечения устойчивого роста региональных хозяйственных комплексов в эпоху инноваций // Академический исследовательский журнал. 2025. Т. 3. № 5. С. 138–152.

18. *Литвинова Н. А.* Показатели развития экосистемы воспроизводства человеческого капитала // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2024. № 2 (146). С. 173–177.

References

1. Tonkikh A. P., Danilova T. V., Lapyko T. P. Problems and prospects of implementing the competency-based approach in the educational process of higher education institutions. *Education Management: Theory and Practice*, 2025, no. 9–2, pp. 152–161.

2. Ivanov S. Yu., Ivanova D. V., Tazov P. Yu. Components of differentiation in education quality: a new reality for human capital formation. *Vestnik Universiteta*, 2023, no. 11, pp. 256–267.

3. Molchanov I. N. Education and professional training as instruments for shaping human capital. *Economics. Taxes. Law*, 2023, vol. 16, no. 2, pp. 108–118.

4. Khabekirova Z. S., Amiralieva D. M., Mutsalov S. I. Specifics of human capital formation: synergy and the impact of higher education. *Applied Economic Research*, 2023, no. S2, pp. 166–170.

5. Molchanov I. N. Education and professional training as a key vector for shaping human capital. *Noonomics and Noosociety. Almanac of Works of the INIR named after S. Yu. Witte*, 2023, vol. 2, no. 2, pp. 75–82.

6. Kirko V. I., Kononova E. S., Lukyanova A. A. Education as an instrument for managing the development of human capital in new macroeconomic conditions. *Theoretical and Applied Economics*, 2024, no. 3, pp. 30–38.

7. Panina O. V., Zudenkova S. A., Eremin S. G. Digital inclusion in the Russian Federation: regional aspect. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2024, no. 2, pp. 92–104.

8. Eremin S. G., Kazushchik A. A. Improving the digital transformation of technologies used in industrial policy in the sphere of public administration of the Russian Federation. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2024, no. 2, pp. 77–83.

9. Galustyan O. V., Blokhin A. L. Conditions for the development of human capital in lifelong education. *Pedagogy*, 2025, vol. 89, no. 3, pp. 93–97.

10. Eremin S. G., Babyna I. V. Stimulating the restoration and development of the industrial sector by means of «rational» public procurement. *Forging and stamping production. Materials working by pressure*, 2024, no. 3, pp. 106–118.

11. Koval S. V., Astra A. A., Koval A. L. Investments in the formation of human capital for the industry: stakeholders and beneficiaries. *Economics, Labor, Management in Agriculture*, 2025, no. 1 (119), pp. 187–194.

12. Levchenko L. V., Tverdokhlebova T. V. The influence of intellectual capital on the formation of modern production competencies. *Economic Sciences*, 2022, no. 210, pp. 63–68.

13. Zbarskiy A. M. The system of human capital development as a basis for sustainable development of industries. *Creative Economy*, 2023, vol. 17, no. 6, pp. 2097–2114.

14. Belous A. B. Current concepts of education development as the basis for sustainable growth of human capital for the national economy. *Economics and Entrepreneurship*, 2024, no. 1 (162), pp. 144–148.

15. Trach D. M., Sycheva I. I. Analysis of the state and dynamics of human capital development in the region. *Economics: Yesterday, Today, Tomorrow*, 2024, vol. 14, no. 7–1. pp. 199–207.

16. Fokina V. N., Shirokova M. E., Ryakin A. V. Formation of human capital: challenges of the time. *Economics of Education*, 2023, no. 3 (136), pp. 4–12.

17. Petrenko D. S. Strategic management of human capital to ensure sustainable growth of regional economic complexes in the era of innovation. *Academic Research Journal*, 2025, vol. 3, no. 5, pp. 138–152.

18. Litvinova N. A. Indicators of the development of the ecosystem for human capital reproduction. *Proceedings of Saint Petersburg State University of Economic,* 2024, no. 2 (146), pp. 173–177.

УДК 331.108:005.57

А. Н. МАХМУТОВА, канд. филологич. наук (Казанский федеральный университет, г. Казань);
А. Н. ЗИННАТУЛЛИНА, канд. полит. наук (Казанский государственный институт культуры, г. Казань)
E-mail: Ainig.m71@mail.ru
A. N. Makhmutova (Kazan Federal University, Kazan); A. N. Zinnatullina (Kazan State Institute of Culture, Kazan)

Стандарты деловой переписки и переговоров на английском языке как инструмент снижения операционных рисков и улучшения взаимодействия HR-подразделений с внешними и внутренними стейкхолдерами

Standards for business correspondence and negotiations in English as a tool to reduce operational risks and improve the interaction of HR departments with external and internal stakeholders

Статья посвящается исследованию роли стандартизированной деловой коммуникации на английском языке в контексте минимизации операционных рисков и оптимизации взаимодействия HR-служб с различными группами стейкхолдеров. Актуальность темы обуславливается значительными финансовыми потерями, которые несут организации вследствие коммуникационных сбоев – по оценкам экспертов, американские компании теряют до 1,2 трлн долл. ежегодно из-за неэффективной коммуникации. Целью исследования выступает выявление ключевых параметров стандартов деловой переписки и переговоров, способствующих снижению операционных издержек и повышению качества взаимодействия со стейкхолдерами. Методология базируется на сочетании систематического анализа литературы, контент-анализа корпоративных коммуникационных политик и экспертного опроса HR-специалистов международных компаний. Эмпирическую базу составляют данные 47 организаций различных отраслей, собранные в период 2024–2025 гг. Результаты демонстрируют, что внедрение формализованных стандартов деловой переписки снижает частоту коммуникационных сбоев на 34–42 %, сокращает время обработки запросов стейкхолдеров на 28 %, уменьшает количество конфликтных ситуаций, связанных с недопониманием, на 31 %. Особую значимость приобретает стандартизация прагматических аспектов коммуникации – тональности, структуры сообщений, формул вежливости. Исследование выявляет корреляцию между уровнем владения деловым английским и показателями вовлеченности персонала (r = 0,67). Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по формированию корпоративных стандартов англоязычной деловой коммуникации для HR-подразделений, учитывающих специфику взаимодействия с различными категориями стейкхолдеров.

The article is devoted to the study of the role of standardized business communication in English in the context of minimizing operational risks and optimizing the interaction of HR services

with various groups of stakeholders. The relevance of the topic is due to the significant financial losses incurred by organizations due to communication failures – according to experts, American companies lose up to $ 1,2 trillion annually due to ineffective communication [1]. The purpose of the study is to identify key parameters of business correspondence and negotiation standards that help reduce transaction costs and improve the quality of interaction with stakeholders. The methodology is based on a combination of systematic literature analysis, content analysis of corporate communication policies, and an expert survey of HR specialists from international companies. The empirical base consists of data from 47 organizations in various industries, collected in the period 2024–2025. The results demonstrate that the introduction of formalized standards for business correspondence reduces the frequency of communication failures by 34–42 %, reduces the processing time of stakeholders' requests by 28 %, and reduces the number of conflict situations related to misunderstandings by 31 %. Standardization of pragmatic aspects of communication, such as tone, message structure and courtesy formulas, is of particular importance. The study reveals a correlation between the level of business English proficiency and staff engagement indicators (r = 0,67). The practical significance of the work lies in the development of recommendations on the formation of corporate standards of English-language business communication for HR departments, taking into account the specifics of interaction with various categories of stakeholders.

Ключевые слова: деловая коммуникация; операционные риски; HR-менеджмент; стейкхолдеры; стандарты переписки; деловой английский; корпоративная культура.

Keywords: business communication; operational risks; HR management; stakeholders; correspondence standards; business English; corporate culture.

Глобализация экономических процессов и интернационализация бизнеса трансформирует требования к корпоративным коммуникациям, выводя владение деловым английским из категории конкурентного преимущества в разряд базовых компетенций [1, 2]. *HR*-подразделения современных организаций функционируют на пересечении множества коммуникационных потоков, обеспечивая взаимодействие с кандидатами, сотрудниками, руководством, внешними партнерами и регуляторами. Качество этого взаимодействия напрямую определяет эффективность ключевых *HR*-процессов – рекрутинга, адаптации, развития персонала, управления вовлеченностью [3]. Недопонимание, вызванное языковыми барьерами или несоблюдением коммуникационных стандартов, генерирует операционные риски, измеряемые конкретными финансовыми показателями: средние потери от коммуникационных сбоев составляют 420 тыс. долл. на 1000 сотрудников ежегодно [4].

Проблематика деловой коммуникации на английском языке как *lingua franca* международного бизнеса получает широкое освещение в зарубежных исследованиях. Концепция *BELF* (*Business English as a Lingua Franca*), разработанная *L. Louhiala-Salminen* и *A. Kankaanranta*, акцентирует внимание на прагматических аспектах коммуникации, подчеркивая приоритет взаимопонимания над грамматической корректностью [5]. Исследования *S. Ehrenreich* демонстрирует, что в мультинациональных корпорациях английский выполняет функцию корпоративного языка, формируя специфические коммуникативные практики, отличные от нативного узуса [6]. Работы последних лет фиксируют усиление внимания к межкультурной компетенции как неотъемлемому компоненту деловой коммуникации – культурные различия в восприятии директивности, формальности, иерархичности коммуникации становятся источником значительной доли недопониманий [7].

Операционный риск в контексте *HR*-деятельности традиционно рассматривается через призму комплаенс-процедур, защиты данных, соблюдения трудового законодательства. Коммуникационная составляющая операционного риска остается недостаточно исследованной, хотя ее влияние на организационную эффективность подтверждается эмпирически. Согласно отчету *Gallup*, дезангажированные сотрудники, чье состояние часто обуславливается коммуникационными проблемами, обходятся мировой экономике в 8,9 трлн долл. потерянной продуктивности ежегодно [8]. Исследование *Grammarly* фиксирует, что 100 % опрошенных работников интеллектуального труда сталкиваются с недопониманием как минимум еженедельно, при этом каждый четвертый – несколько раз в день [9]. Эти данные свидетельствуют о системном характере проблемы, требующей комплексного подхода к ее решению.

Теория стейкхолдеров, заложенная *R. E. Freeman*, получает развитие в концепции стейкхолдер-вовлеченности, акцентирующей значимость двусторонней коммуникации для достижения организационных целей [10]. Применительно к *HR*-функции идентификация и приоритизация стейкхолдеров приоб-

ретает особое значение ввиду множественности и разнородности контактных аудиторий. Внутренние стейкхолдеры – сотрудники, линейные менеджеры, топ-менеджмент – предъявляют различные требования к формату, тональности, оперативности коммуникации. Внешние стейкхолдеры – кандидаты, образовательные учреждения, кадровые агентства, профессиональные ассоциации – формируют ожидания, определяемые отраслевыми стандартами и индивидуальным опытом [11]. Несоответствие коммуникации ожиданиям стейкхолдеров снижает эффективность *HR*-процессов и репутационный капитал организации.

Стандартизация деловой переписки и переговоров рассматривается как механизм управления коммуникационными рисками. Международный стандарт *ISO 31000:2018* определяет коммуникацию как обязательный элемент риск-менеджмента, обеспечивающий информирование стейкхолдеров и получение обратной связи [12]. Применительно к *HR*-коммуникациям стандартизация охватывает структурные элементы (форматы документов, шаблоны писем), лингвистические параметры (терминология, регистр, тональность) и процедурные аспекты (сроки ответа, эскалация, архивирование). Внедрение коммуникационных стандартов требует учета организационной культуры, отраслевой специфики, географического охвата деятельности.

Цель данной работы – выявление параметров стандартов деловой переписки и переговоров на английском языке, обеспечивающих снижение операционных рисков *HR*-подразделений и повышение качества взаимодействия со стейкхолдерами.

Достижение цели предполагает решение задач: анализ существующих практик стандартизации англоязычной деловой коммуникации в *HR*-сфере; идентификация типичных коммуникационных сбоев и их последствий; оценка влияния стандартизации на ключевые показатели *HR*-деятельности; разработка рекомендаций по формированию корпоративных коммуникационных стандартов.

Материалы и методы исследования

Методологическая база исследования формируется на принципах смешанного дизайна, интегрирующего количественные и качественные методы сбора и анализа данных. Систематический обзор литературы проводится по базам *Scopus*, *Web of Science*, *RSCI* с применением ключевых терминов «*business communication standards*», «*HR communication*», «*operational risk*», «*stakeholder engagement*» за период 2019–2025 гг. Отбирается и анализируется 78 публикаций, соответствующих критериям релевантности и качества.

Эмпирическое исследование реализуется в два этапа. На первом этапе (март–июнь 2024 г.) проводится контент-анализ корпоративных коммуникационных политик и руководств по деловой переписке 47 организаций, осуществляющих деятельность на международных рынках. Выборка формируется методом целевого отбора с учетом критериев: наличие документированных коммуникационных стандартов, использование английского как рабочего языка, численность персонала свыше 500 человек. Отраслевая структура выборки: *IT* и телекоммуникации – 32 %, финансовый сектор – 23 %, производство – 19 %, профессиональные услуги – 15 %, прочие – 11 %.

На втором этапе (июль–октябрь 2024 г.) проводится экспертный опрос *HR*-специалистов ($n = 124$) методом структурированного анкетирования. Анкета включает блоки вопросов: оценка текущего состояния коммуникационных практик, частота и типология коммуникационных сбоев, воспринимаемая эффективность стандартизации, барьеры внедрения стандартов. Используется 5-балльная шкала Лайкерта. Дополнительно проводятся полуструктурированные интервью с 18 руководителями *HR*-подразделений для углубленного понимания контекста. Статистическая обработка данных выполняется с применением методов описательной статистики, корреляционного анализа, критерия χ^2 в программной среде *SPSS* 27.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Характеристика коммуникационных практик HR-подразделений

Контент-анализ корпоративных документов выявляет значительную вариативность подходов к стандартизации деловой коммуникации. Формализованные коммуникационные политики, регламентирующие параметры деловой переписки на английском языке, фиксируются в 68 % исследованных организаций (см. табл. 1). При этом степень детализации стандартов существенно различается: комплексные руководства, охватывающие структурные, лингвистические и процедурные аспекты, представляются лишь в 29 % случаев.

Анализ структуры коммуникационных потоков *HR*-подразделений показывает преобладание письменной коммуникации: 67 % взаимодействий со стейкхолдерами осуществляется посредством электронной почты, 18 % – через корпоративные мессенджеры, 11 % – в формате видеоконференций, 4 % – очно. Доля коммуникации на английском языке варьируется от 35 % в компаниях с преимущественно локальной деятельностью до 92 % в глобальных

корпорациях со штаб-квартирами в англоязычных странах.

Таблица 1

Распространенность элементов коммуникационных стандартов в исследованных организациях (*n* = 47)

Элемент стандарта	Наличие, %	Детализация (высокая), %
Шаблоны типовых писем	87	51
Требования к структуре сообщений	72	34
Терминологические глоссарии	64	28
Регламенты тональности	53	19
Стандарты времени отклика	81	62
Процедуры эскалации	74	47
Требования к переговорам	42	15

Типология коммуникационных сбоев и их последствия

Экспертный опрос позволяет систематизировать типичные коммуникационные сбои, возникающие в практике *HR*-подразделений (см. табл. 2). Наиболее распространенной проблемой выступает неоднозначность формулировок (отмечается 78 % респондентов), приводящая к различным интерпретациям содержания сообщения. Прагматические ошибки – несоответствие тональности ситуации, нарушение формул вежливости, игнорирование культурного контекста – фиксируются 71 % специалистов и оцениваются как более критичные по последствиям, чем грамматические неточности.

Последствия коммуникационных сбоев затрагивают различные аспекты *HR*-деятельности. В сфере рекрутинга 34 % респондентов отмечают случаи отказа перспективных кандидатов, обусловленные негативным коммуникационным опытом. Процессы адаптации страдают от недостаточной ясности инструкций – 41 % новых сотрудников испытывают затруднения с пониманием организационных процедур, изложенных на английском языке. Взаимодействие с внешними стейкхолдерами осложняется различиями в ожиданиях относительно формальности и оперативности коммуникации.

Таблица 2

Частота и критичность коммуникационных сбоев в *HR*-практике (*n* = 124)

Тип сбоя	Частота возникновения, %	Оценка критичности (1–5)
Неоднозначность формулировок	78	3,8
Прагматические ошибки (тон, вежливость)	71	4,2
Терминологические расхождения	64	3,4
Нарушение сроков реагирования	59	3,9
Неполнота информации	56	3,6
Грамматические ошибки	48	2,7
Культурные недопонимания	45	4,1

Влияние стандартизации на показатели эффективности

Сравнительный анализ организаций с различным уровнем стандартизации коммуникаций выявляет статистически значимые различия в ключевых показателях (см. табл. 3). Организации с комплексными коммуникационными стандартами демонстрируют снижение частоты коммуникационных сбоев на 34–42 % относительно организаций с отсутствием формализованных требований. Время обработки запросов стейкхолдеров сокращается в среднем на 28 %, что обуславливается как наличием готовых шаблонов, так и четкими регламентами сроков реагирования.

Корреляционный анализ устанавливает связь между уровнем владения деловым английским сотрудниками *HR*-подразделений и показателями вовлеченности персонала организации ($r = 0{,}67$; $p < 0{,}01$). Данная зависимость объясняется качеством внутренних коммуникаций: *HR*-специалисты с развитыми языковыми компетенциями формулируют более ясные и мотивирующие сообщения, что положительно влияет на восприятие организационного климата сотрудниками.

Таблица 3

Сравнение показателей эффективности *HR*-коммуникаций в зависимости от уровня стандартизации

Показатель	Высокий уровень стандартизации (*n* = 14)	Средний уровень (*n* = 19)	Низкий уровень (*n* = 14)	*p-value*
Частота коммуникационных сбоев (в неделю)	2,3	3,8	5,1	< 0,01
Среднее время ответа на запрос (часы)	4,2	6,8	9,7	< 0,01
Удовлетворенность стейкхолдеров (1–5)	4,3	3,7	3,1	< 0,05
Доля эскалированных обращений, %	8	14	23	< 0,01

Параметры эффективных коммуникационных стандартов

Интеграция результатов контент-анализа и экспертного опроса позволяет выделить ключевые параметры коммуникационных стандартов, оказывающие наибольшее влияние на снижение операционных рисков (см. табл. 4). Приоритетное значение имеет стандартизация прагматических аспектов: тональности, формул вежливости, степени директивности. Эксперты отмечают, что прагматические ошибки воспринимаются стейкхолдерами более негативно, чем грамматические неточности, и чаще приводят к конфликтным ситуациям.

Таблица 4

Ранжирование параметров коммуникационных стандартов по влиянию на снижение рисков

Параметр стандарта	Средняя оценка влияния (1–5)	Доля экспертов, отмечающих высокое влияние, %
Регламентация тональности и вежливости	4,6	89
Стандарты времени реагирования	4,4	84
Структурные требования к сообщениям	4,2	76
Терминологическая унификация	4	71
Шаблоны типовых коммуникаций	3,9	68
Требования к оформлению	3,2	42

Дифференциация стандартов по категориям стейкхолдеров признается критически важной 82 % экспертов. Коммуникация с внутренними стейкхолдерами (сотрудниками, менеджерами) допускает большую неформальность и оперативность в ущерб детализации. Взаимодействие с внешними стейкхолдерами (кандидатами, партнерами, регуляторами) требует повышенного внимания к формальным аспектам, юридической корректности формулировок, соблюдению протокола.

Барьеры внедрения коммуникационных стандартов

Исследование выявляет комплекс факторов, препятствующих эффективной стандартизации деловой коммуникации в *HR*-подразделениях. Организационные барьеры включают сопротивление изменениям со стороны сотрудников (отмечено 67 % экспертов), недостаточную поддержку руководства (54 %), отсутствие ресурсов на обучение (48 %). Индивидуальные барьеры связаны с неравномерным уровнем языковой подготовки персонала (73 %), различиями в коммуникативных предпочтениях (61 %), восприятием стандартов как ограничения автономии (39 %). Технические барьеры обусловливаются разнородностью используемых коммуникационных платформ (52 %), сложностью интеграции стандартов в рабочие процессы (44 %) (см. табл. 5).

Успешное внедрение коммуникационных стандартов требует системного подхода, включающего диагностику текущего состояния, проектирование стандартов с учетом организационной специфики, обучение персонала, мониторинг соблюдения и регулярную актуализацию. Организации, применившие данный подход, фиксируют устойчивое улучшение показателей коммуникационной эффективности в течение 6–12 месяцев после внедрения.

Специфика переговорной коммуникации

Стандартизация переговорных практик на английском языке представляет особую сложность ввиду ситуативной вариативности и необходимости адаптации к контексту (см. табл. 6). Тем не менее базовые параметры поддаются формализации: структура переговорного процесса, ключевые речевые формулы, протокол фиксации договоренностей. Исследование показывает, что 42 % организаций располагают документированными стандартами ведения переговоров, однако лишь 15 % из них детально регламентируют лингвистические аспекты.

Эксперты подчеркивают значимость подготовки к переговорам как ключевого фактора успеха. Предварительный анализ культурного контекста контра-

Таблица 5

Стратегии преодоления барьеров внедрения коммуникационных стандартов

Барьер	Рекомендуемая стратегия	Оценка эффективности (1–5)
Сопротивление изменениям	Вовлечение сотрудников в разработку стандартов	4,3
Неравномерность языковой подготовки	Дифференцированные программы обучения	4,1
Недостаток ресурсов	Поэтапное внедрение, приоритизация критичных элементов	3,9
Разнородность платформ	Интеграция шаблонов в используемые системы	4
Восприятие как ограничения	Демонстрация преимуществ через пилотные проекты	3,8

гента, формирование словаря переговорной лексики, отработка типовых сценариев существенно снижают риски коммуникационных сбоев. *HR*-подразделения, внедрившие практику *pre-negotiation briefing*, отмечают повышение результативности переговоров с внешними стейкхолдерами на 23 %.

Таблица 6

Элементы стандартизации переговорной коммуникации и их распространенность

Элемент	Наличие в стандартах, %	Воспринимаемая полезность (1–5)
Структура переговорного процесса	38	4,1
Типовые формулировки открытия/закрытия	31	3,7
Речевые стратегии убеждения	24	4,4
Техники работы с возражениями	29	4,3
Протокол фиксации результатов	47	4,5
Культурная адаптация	19	4,6

Выводы. 1. Проведенное исследование подтверждает гипотезу о существенном влиянии стандартизированной деловой коммуникации на английском языке на операционную эффективность *HR*-подразделений и качество взаимодействия со стейкхолдерами. Эмпирические данные демонстрируют, что организации с комплексными коммуникационными стандартами достигают снижения частоты сбоев на 34–42 %, сокращения времени отклика на 28 %, повышения удовлетворенности стейкхолдеров на 0,6–1,2 балла по 5-балльной шкале. Экономический эффект стандартизации измеряется сотнями тысяч долларов ежегодно для средних организаций и миллионами – для крупных корпораций, что согласуется с оценками *SHRM* и *Grammarly* относительно стоимости коммуникационных сбоев.

2. Ключевым выводом исследования является приоритетность прагматических аспектов стандартизации над формальными. Тональность, формулы вежливости, степень директивности, учет культурного контекста оказывают большее влияние на восприятие коммуникации стейкхолдерами, чем грамматическая безупречность или стилистическое единообразие. Данный вывод корреспондирует с концепцией *BELF*, акцентирующей функциональность коммуникации над нормативной корректностью, и имеет практическое значение для проектирования корпоративных стандартов. Исследование выявляет необходимость дифференцированного подхода к стандартизации в зависимости от категории стейкхолдеров. Внутренние коммуникации требуют баланса между ясностью и оперативностью, допускают определенную неформальность. Внешние коммуникации предполагают повышенное внимание к протокольным аспектам, юридической точности, репутационным рискам. Универсальные стандарты, игнорирующие данную специфику, снижают адаптивность коммуникации и не обеспечивают ожидаемого эффекта.

3. Барьеры внедрения коммуникационных стандартов носят комплексный характер и включают организационные, индивидуальные, технические факторы. Преодоление барьеров требует вовлечения сотрудников в процесс разработки стандартов, дифференцированного обучения с учетом уровня языковой подготовки, интеграции стандартов в используемые коммуникационные платформы. Поэтапное внедрение с приоритизацией критичных элементов демонстрирует бóльшую эффективность по сравнению с единовременным развертыванием комплексной системы.

4. Тенденции развития области определяются цифровизацией коммуникаций, внедрением инструментов искусственного интеллекта, усилением межкультурной составляющей бизнес-взаимодействий. *AI*-ассистенты для проверки и оптимизации деловой переписки уже используются 53 % работников интеллектуального труда и 89 % руководителей, при этом 73 % пользователей отмечают снижение частоты недопониманий. Интеграция *AI*-инструментов в корпоративные коммуникационные стандарты представляет перспективное направление развития. Одновременно рост культурного разнообразия рабочей силы и глобализация операций повышают требования к межкультурной компетенции, что должно находить отражение в коммуникационных стандартах.

Список литературы

1. *2024* State of Business Communication Report // Grammarly. URL: https://go.grammarly.com/2024-state-of-business-communication-report.

2. *Louhiala-Salminen L., Kankaanranta A*. Language as an issue in international internal communication: English or local language? If English, what English? // Public Relations Review. 2012. Vol. 38. № 2. Pp. 262–269.

3. *Tkalac Verčič, A., Men, L. R.* Redefining the link between internal communication and employee engagement // Public Relations Review. 2023. Vol. 49. № 1.

4. *The Cost* of Poor Communications // SHRM. URL: https://www.shrm.org/topics-tools/news/organizational-employee-development/cost-poor-communication.

5. *Kankaanranta A., Louhiala-Salminen L.* «What language does global business speak?» – The concept and development of BELF // Ibérica. 2013. Vol. 26. Pp. 17–34.

6. *Ehrenreich S.* English as a business lingua franca in a German multinational corporation: Meeting the Challenge // Journal of Business Communication. 2010. Vol. 47. № 4. Pp. 408–431.

7. *Peltonen J., Hu G.* Addressing Linguacultural Competencies in Business English Pedagogy // ELT Journal. 2025. Vol. 79. № 3. Pp. 419–427.

8. *State* of the Global Workplace: 2024 Report // Gallup. URL: https://www.gallup.com/workplace/349484/state-of-the-global-workplace.aspx.

9. *2023* State of Business Communication Report // Grammarly. URL: https://go.grammarly.com/state-of-business-communication-report-2023.

10. *Kujala J., Sachs S., Leinonen H.et al.* Stakeholder Engagement: Past, Present, and Future // Business & Society. 2022. Vol. 61. № 5. Pp. 1136–1196.

11. *Nadales-Gallego A., Galindo-Reyes F., Garrido-Moreno A.* Connecting Internal Communication and Employee Engagement in Organisation: A Systematic Literature Review // SAGE Open. 2025. Vol. 15. № 4.

12. *ISO* 31000:2018 Risk management – Guidelines. 2018.

References

1. 2024 State of Business Communication Report. *Grammarly*, available at: https://go.grammarly.com/2024-state-of-business-communication-report.

2. Louhiala-Salminen L., Kankaanranta A. Language as an issue in international internal communication: English or local language? If English, what English? *Public Relations Review*, 2012, vol. 38, no. 2, pp. 262–269.

3. Tkalac Verčič, A., Men, L. R. Redefining the link between internal communication and employee engagement. *Public Relations Review*, 2023, vol. 49, no. 1.

4. The Cost of Poor Communications. *SHRM*, available at: https://www.shrm.org/topics-tools/news/organizational-employee-development/cost-poor-communication.

5. Kankaanranta A., Louhiala-Salminen L. «What language does global business speak?» – The concept and development of BELF. *Ibérica*, 2013, vol. 26, pp. 17–34.

6. Ehrenreich S. English as a business lingua franca in a German multinational corporation: Meeting the Challenge. *Journal of Business Communication*, 2010, vol. 47, no. 4, pp. 408–431.

7. Peltonen J., Hu G. Addressing Linguacultural Competencies in Business English Pedagogy. *ELT Journal*, 2025, vol. 79, no. 3, pp. 419–427.

8. State of the Global Workplace: 2024 Report. *Gallup*, available at: https://www.gallup.com/workplace/349484/state-of-the-global-workplace.aspx.

9. 2023 State of Business Communication Report. *Grammarly*, available at: https://go.grammarly.com/state-of-business-communication-report-2023.

10. Kujala J., Sachs S., Leinonen H.et al. Stakeholder Engagement: Past, Present, and Future. *Business & Society*, 2022, vol. 61, no. 5, pp. 1136–1196.

11. Nadales-Gallego A., Galindo-Reyes F., Garrido-Moreno A. Connecting Internal Communication and Employee Engagement in Organisation: A Systematic Literature Review. *SAGE Open*, 2025, vol. 15, no. 4.

12. *ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines*, 2018.

УДК 005.96:005.8

С. А. ПОЛЕВОЙ, д-р техн. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: sapolevoy@fa.ru
S. A. Polevoy (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Кадровое обеспечение проектно-ориентированных организаций: адаптация HR-практик в условиях структурной трансформации рынка труда

Staffing project-oriented organizations: adapting HR practices in the context of structural transformation of the labor market

Массовое распространение проектных форм труда обнажает системную слабость привычных кадровых моделей – они создаются для стабильных иерархий, а не для организаций, где проект служит основной единицей создания стоимости. Цель работы состоит в том, чтобы определить, какие именно HR-практики позволяют формировать, удерживать и наращивать компетенции персонала в проектных структурах на фоне углубляющегося дефицита квалифицированных кадров и стремительного устаревания навыков. Методологически исследование построено на смешанном дизайне: систематический обзор 68 публикаций из Scopus и Web of Science за 2019–2025 гг. дополнен анкетным опросом 214 руководителей проектных офисов и HR-служб российских компаний (сентябрь–ноябрь 2025 г.). Обработка данных включает кластерный анализ методом k-средних, расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена и контент-анализ открытых ответов.

Выясняется, что организации, которые совмещают компетентностные матрицы с гибкими моделями занятости, обеспечивают на 19–26 % более высокую укомплектованность проектных команд критически нужными навыками. Обнаружены три кластера HR-конфигураций – административный, гибридный и адаптивный; в последнем текучесть проектного персонала составляет 11,4 против 23,7 % в административном. Зафиксирован разрыв между тем, что организации заявляют о переходе к найму на основе навыков, и тем, что происходит на деле: расхождение составляет от 31 до 47 п. п. – результат, перекликающийся с международными данными о «бумажном» характере skills-based hiring. Практическая ценность работы – предложенная модель интеграции HR-функции и проектного управления через механизм непрерывного аудита компетенций.

The widespread adoption of project-based work exposes the systemic weakness of traditional HR models – they are designed for stable hierarchies, not for organizations where the project serves as the primary unit of value creation. The goal of this study is to identify which HR practices enable the development, retention and enhancement of personnel competencies in project-based organizations amid a deepening shortage of qualified personnel and rapidly obsoleting skills. Methodologically, the study utilizes a mixed-methods design: a systematic review of 68 publications from Scopus and Web of Science for 2019–2025 is supplemented by a questionnaire survey of 214 project office and HR department heads at Russian companies (September–November 2025). Data processing included k-means cluster analysis, Spearman's rank correlation coefficient and content analysis of open-ended responses. It is found that organizations that combine competency matrices with flexible employment models ensure project teams are 19–26 % more likely to have critical skills. Three clusters of HR configurations are identified: administrative, hybrid and adaptive; in the latter, project staff turnover is 11,4 versus 23,7 % in the administrative model. A gap is recorded between organizations' stated transition to skills-based hiring and their actual implementation: the discrepancy ranges from 31 to 47 percentage points – a result consistent with international data on the «paper» nature of skills-based hiring. The practical value of this work lies in the proposed model for integrating HR and project management through a mechanism for continuous competency auditing.

Ключевые слова: проектно-ориентированная организация; управление персоналом; компетентностная модель; рынок труда; проектная команда; skills-based hiring; кадровый дефицит.

Keywords: project-oriented organization; human resources management; competency-based model; labor market; project team; skills-based hiring; personnel shortage.

За последнее десятилетие проектные формы организации работы проникли практически во все сектора – от ИТ и строительства до здравоохранения и государственного управления. Сам по себе этот тезис не нов, но его практические последствия для кадровых систем по-прежнему осмыслены недостаточно. Традиционные *HR*-модели исходят из того, что трудовые отношения долгосрочны, организационные структуры стабильны, а функциональное подразделение – основная единица, вокруг которой строятся процессы найма, оценки, развития. В проектных организациях все устроено иначе: там именно проект выступает базовым элементом создания стоимости [1]. Между тем масштабный обзор пяти ведущих *HR*-журналов за двадцать лет показывает кое-что тревожное – большинство публикаций по-прежнему молчаливо предполагает «постоянство» организации; временная занятость обсуждается лишь как тип трудового контракта, а структурная темпоральность проектного формата остается вне фокуса [1]. По прогнозам *PMI*, к 2027 г. в проектном управлении будут заняты порядка 88 млн человек, совокупный объем проектифицированных отраслей перевалит за 20 трлн долл. [2]. Игнорировать эту реальность дальше – непозволительная роскошь для *HR*-дисциплины.

Одновременно рынок труда переживает тектонические сдвиги. Доклад «*Future of Jobs 2025*» указывает: 39 % ключевых навыков работников изменятся к 2030 г., а 63 % работодателей признают компетентностный разрыв главным барьером для трансформации бизнеса [3]. Для проектных организаций эти цифры звучат еще тревожнее. Каждый новый проект формирует свой уникальный набор требований, а система подбора по-прежнему «заточена» под устойчивые позиции штатного расписания. Цифровизация, старение населения в одних регионах и демографический рост в других, геоэкономическая фрагментация – вся эта конвергенция мегатрендов вынуждает *HR*-функцию пересматривать фундаментальные допущения о природе трудовых отношений и двигаться от организационно-центрированной парадигмы к экосистемному мышлению [4]. Идея *HR*-экосистемы, набирающая обороты в академическом

дискурсе, предлагает взгляд на управление персоналом не внутри границ одной фирмы, а через сеть взаимозависимых акторов: штатных сотрудников, фрилансеров, подрядчиков, образовательных институтов [5].

Попытки изучить специфику *HR* в проектных организациях ведутся с начала 2000-х гг., но до сих пор это скорее набор разрозненных находок, чем целостная теория. Одна из ключевых проблем – двойная встроенность работника: он одновременно принадлежит проекту (временная структура) и материнской организации (постоянная), и оба контекста предъявляют к нему разные – порой прямо конкурирующие – требования в части развития, мотивации, оценки [6]. Любопытно, что темпоральные свойства проекта – его длительность, ритм, масштаб – сами по себе порождают различные режимы *HR*-практик, не сводимые к единой универсальной модели [7]. При этом подходы к управлению талантами, доминирующие в литературе, разрабатываются главным образом для крупных транснациональных компаний; проектный контекст там фактически за скобками [8]. *Agile*-подходы, которые в последние годы «кочуют» в *HR* (*Agile HR*), декларируют итеративность и самоорганизацию для рекрутинга, обучения и оценки, однако эмпирическая база под этими идеями остается хрупкой [9].

Цель данной работы – выявление конфигураций *HR*-практик, обеспечивающих эффективное кадровое обеспечение проектно-ориентированных организаций при структурной трансформации рынка труда, и замер разрыва между тем, что организации декларируют в отношении компетентностного найма, и тем, что они делают на деле.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена в логике смешанного дизайна (*mixed methods*) и включает два последовательных этапа. Первый – систематический обзор по протоколу *PRISMA*: из баз *Scopus* и *Web of Science* извлечены 68 статей за 2019–2025 гг. по поисковым связкам «*HRM AND project-based organization*», «*talent management AND project*», «*skills-based hiring AND workforce planning*». Отбираются рецензируемые журналы Q_1–Q_2, эмпирические и обзорные работы. На втором этапе проведен онлайн-опрос 214 респондентов – руководителей проектных офисов (*PMO*), *HR*-директоров, линейных руководителей проектных команд – из 87 российских организаций в ИТ, строительстве, машиностроении, консалтинге и государственном секторе. Анкета – 42 закрытых вопроса (шкалы Лайкерта, множественный выбор) и 6 открытых. Данные собираются с сентября по ноябрь 2025 г. Количественная часть обработана кластерным методом *k*-средних, коэффициентом ранговой корреляции Спирмена и стандартными описательными статистиками. Качественная – контент-анализом открытых ответов с кодированием *in vivo*. Разумеется, есть ограничения: выборка смещена в сторону компаний с формализованными проектными офисами, а поперечный дизайн не позволяет делать каузальных выводов.

Результаты исследования и их обсуждение

Обзор 68 публикаций подтверждает и, откровенно говоря, усиливает ранее звучавший в литературе вывод: *HR*-дисциплина продолжает жить в мире «постоянных» организаций. Только 23 работы из 68 (33,8 %) содержат эмпирику, собранную непосредственно в проектно-ориентированных структурах. Остальные переносят находки, полученные в стабильных организациях, на проектный контекст, зачастую без какой-либо адаптации. Подобная картина воспроизводит результаты двадцатилетнего обзора ведущих *HR*-журналов, где зафиксировано доминирование организационно-центричной оптики и почти полное игнорирование временных форм [1].

Самое острое противоречие обнаруживается в кадровом планировании. Классические модели *workforce planning* работают с горизонтами 1–3 года и «прикреплены» к штатному расписанию, тогда как проектная занятость – это дискретные циклы сборки команд, длительность которых варьируется от 2–3 месяцев в ИТ до 3–5 лет в капстроительстве. Наш опрос показывает: 62,1 % организаций регулярно сталкиваются с трудностями при формировании проектных команд, и в 44,8 % случаев причина задержки старта проекта – не бюджет и не техника, а именно нехватка людей с нужными компетенциями (см. табл. 1).

Таблица 1

Причины задержки старта проектов в обследованных организациях, % респондентов

Причина задержки	ИТ (n = 74)	Строительство (n = 48)	Машиностроение (n = 36)	Консалтинг (n = 31)	Госсектор (n = 25)	Среднее
Кадровый дефицит	51,4	47,9	38,9	41,9	36	44,8
Бюджетные ограничения	23	31,3	33,3	25,8	44	29,9
Технологическая неготовность	14,9	10,4	19,4	9,7	8	13,1
Организационные согласования	10,8	10,4	8,3	22,6	12	12,2

ИТ-сектор здесь «лидер» – 51,4 % респондентов именно в нем указывают на кадровый дефицит как причину номер один. Это объяснимо: технологии обновляются быстро, конкуренция за специалистов с актуальным стеком навыков – жесткая. Госсектор, напротив, больше страдает от бюджетных ограничений (44 %), хотя и здесь нехватка компетенций идет вторым номером.

По ответам респондентов на 18 переменных (рекрутинг, обучение, мотивация, оценка, ротация) проведен кластерный анализ методом *k*-средних. Число кластеров $k = 3$ выбрано по критерию минимизации суммы внутрикластерных расстояний. Получаются три устойчивые группы, которые авторы обозначают как административный, гибридный и адаптивный кластеры (см. табл. 2).

Адаптивный кластер – это преимущественно ИТ-компании и крупные консалтинговые фирмы, и он устроен по совершенно другой логике. Подбор здесь – не закрытие вакансии, а конфигурирование команды под конкретный проект: компетентностная матрица обновляется ежеквартально, внутренние резервы задействованы в 79 % случаев. Текучесть – 11,4 %, т. е. вдвое ниже, чем у административного кластера (23,7 %). Гибридный кластер – посередине: элементы должностного подхода соседствуют с фрагментарными попытками использовать компетентностные инструменты. Корреляционный анализ дает ожидаемую, но оттого не менее показательную картину: интенсивность использования компетентностных матриц положительно связана с укомплектованностью команд ($\rho = 0{,}61$; $p < 0{,}01$), а формализованная ротация – отрицательно с текучестью ($\rho = -0{,}54$; $p < 0{,}01$). Этот расклад хорошо ложится на тезис о том, что экосистемный *HR*-подход, выходящий за рамки отдельной фирмы, обеспечивает более рациональное распределение людей при высокой динамике проектной деятельности [5].

Пожалуй, самый неудобный для респондентов блок анкеты касается перехода к найму на основе навыков (см. табл. 3).

Максимальный разрыв (46,8 п. п.) приходится на практические тесты навыков. Почти 70 % опрошенных заявляют, что такие тесты у них «есть», но при детальном разборе рекрутинговых процедур выясняется: реально они применяются лишь в 22,4 % случаев, и главным образом для ИТ-позиций – программистов, тестировщиков. Здесь стоит вспомнить исследование Гарвардской школы бизнеса совместно с *Burning Glass Institute* (2024 г.), которое обнаруживает, что фактически лишь 0,14 % наймов затронуты отменой требований к диплому – при том, что декларации работодателей выглядят куда масштабнее [10]. Корни разрыва – в инерции организационной культу-

Таблица 2

Характеристики кластеров *HR*-конфигураций проектно-ориентированных организаций

Параметр	Административный ($n = 78$)	Гибридный ($n = 89$)	Адаптивный ($n = 47$)
Доминирующий принцип найма	Должностная инструкция	Смешанный (должность + навыки)	Компетентностная матрица
Горизонт кадрового планирования	Штатное расписание (1 год)	Портфель проектов (6–12 мес.)	Непрерывный аудит (квартал)
Средняя текучесть проектного персонала, %	23,7	17,2	11,4
Укомплектованность команд критическими навыками, %	58,3	71,6	84,1
Доля организаций, использующих внутренние кадровые резервы для проектов, %	31	54	79
Формализованная система ротации между проектами	12,8	43,8	78,7

Таблица 3

Декларируемый и фактический переход к найму на основе навыков

Индикатор	Декларируемое значение, % респондентов	Фактическое значение, % респондентов	Разрыв, п. п.
Организация использует *skills-based* подход	78,5	34,1	44,4
Требование высшего образования снято для проектных ролей	52,3	21	31,3
Применяются практические тесты навыков при найме	69,2	22,4	46,8
Компетентностный профиль заменяет должностную инструкцию	61,7	27,6	34,1

ры, в привычке линейных менеджеров использовать формальные квалификации как удобный когнитивный «фильтр», и, наконец, в банальном отсутствии надежных инструментов для оценки неформализованных компетенций.

Контент-анализ открытых ответов (132 фрагмента, 47 первичных кодов, 8 категорий) позволяет вычленить конкретные барьеры. Чаще всего респонденты упоминают отсутствие стандартизированных профилей компетенций для проектных ролей (38,6 %). На втором месте – нехватка времени: когда команду нужно собрать за 2–3 недели, разрабатывать тестовые задания некогда (31,8 %). Далее – рассогласованность *HR*-отдела и проектного офиса (27,3 %) и регуляторные ограничения в госсекторе (18,9 %).

С удержанием все непросто, и, что примечательно, различия по кластерам здесь даже более выражены, чем при найме. Организации из адаптивного кластера применяют заметно более разнообразный инструментарий, причем акцент сдвинут от чисто финансовых стимулов к механизмам профессионального развития, встроенным в проектный цикл (см. табл. 4).

Отдельного разговора заслуживает механизм *self-selection* – возможность для сотрудника самому выбирать проект, в который он войдет. Больше половины организаций адаптивного кластера практикуют такой подход. Идея проста: если человек сам выбирает проект, его мотивация и включенность выше, а риск демотивации от «принудительного распределения» снижается. Это перекликается с логикой *Agile HR*, где принципы итеративности и самоорганизации переносятся из разработки ПО на процессы управления людьми [9]. Корреляция между наличием *self-selection* и удовлетворенностью проектной ролью оказывается статистически значимой ($\rho = 0{,}48$; $p < 0{,}01$), что подтверждает: инструмент работает не только «на бумаге».

Один из результатов, которого авторы не ожидали, – разительные различия в том, какие функции берет на себя *PMO* в разных кластерах. В административных организациях проектный офис занимается тем, чем и должен «по учебнику»: мониторит сроки, контролирует бюджеты. А вот в адаптивных – *PMO* фактически «залезает» на территорию *HR*: участвует в ресурсном планировании, ведет аудит компетенций, влияет на назначения (см. табл. 5).

Обращает на себя внимание цифра 42,5 %: почти в половине обследованных организаций компетентностные требования к проекту определяются совместно *HR*-службой и проектным офисом. Старые функциональные границы размываются, и это не хаос – это новая норма, которая требует осмысленных координационных механизмов. Те организации, где *PMO* участвует в кадровых решениях (совместно или самостоятельно), показывают укомплектованность команд на уровне 73,8 против 61,2 % при монопольной роли *HR* ($t = 3{,}24$; $p < 0{,}01$). Формирование распределенной *HR*-экосистемы, где в управление людьми вовлечены разные акторы – от линейных руководителей до проектных офисов, – становится, похоже, условием выживания для проектно-ориентированных компаний [5].

Таблица 4

Практики удержания проектного персонала по кластерам, % организаций, применяющих инструмент

Инструмент удержания	Административный	Гибридный	Адаптивный
Проектная премия по завершении	74,4	82	85,1
Индивидуальный план развития, привязанный к проектной роли	15,4	41,6	74,5
Горизонтальная ротация между проектами как инструмент карьеры	12,8	43,8	78,7
Менторинг со стороны старших проектных руководителей	19,2	37,1	63,8
Бюджет на внешнее обучение, привязанный к компетентностному профилю	23,1	46,1	72,3
Участие в выборе проекта (*self-selection*)	5,1	18	53,2

Таблица 5

Распределение кадровых функций между *PMO* и *HR*-подразделением, % организаций

Функция	Только *HR*	*HR* + *PMO* совместно	Преимущественно *PMO*
Определение компетентностных требований к проекту	34,6	42,5	22,9
Подбор и назначение членов команды	41,1	39,7	19,2
Оценка результативности проектного персонала	47,7	33,6	18,7
Планирование обучения под проектные задачи	52,8	31,3	15,9
Управление кадровым резервом для проектов	56,1	28	15,9

Таблица 6

Рейтинг дефицитных компетенций по проектным ролям (средний ранг, 1 – максимальный дефицит)

Компетенция	Руководитель проекта	Технический лидер	Аналитик
Управление неопределенностью и рисками	1,8	3,4	4,1
Кросс-функциональная коммуникация	2,3	3,8	3,7
Работа с данными и аналитическое мышление	4,6	2,1	1,4
Адаптивность и устойчивость к изменениям	2,9	2,7	3,2
Отраслевая техническая экспертиза	5,1	1,6	2,8
Лидерство и влияние	1,5	4,2	5,3
Цифровая грамотность (*AI*, автоматизация)	3,8	2,9	2,1

Для понимания структуры дефицита навыков респондентов просят проранжировать компетенции по степени нехватки для трех типовых проектных ролей – руководитель проекта, технический лидер, аналитик. Средние ранги сведены в табл. 6.

У руководителя проекта самый болезненный дефицит – лидерство и влияние (ранг 1,5) и управление неопределенностью (1,8). Это компетенции, которые крайне трудно «закрыть» стандартной образовательной программой: они формируются годами через практику и рефлексию. Техническому лидеру в первую очередь не хватает отраслевой экспертизы (1,6) и аналитических навыков (2,1); аналитику – работы с данными (1,4) и цифровой грамотности (2,1). Здесь не упустить бы одну деталь: адаптивность и устойчивость к изменениям попадают в тройку дефицитных компетенций для всех трех ролей. Это полностью совпадает с данными *WEF*, где *resilience*, *flexibility and agility* названы ключевым дифференциатором между растущими и исчезающими профессиями [3]. Агильность на уровне отдельного работника – не модный лозунг, а микрооснование организационной адаптивности [11–15], и в проектном контексте это обретает особую остроту: составы команд меняются, условия работы – тоже, и без личной устойчивости человек просто «выгорает» за 2–3 проектных цикла.

Выводы. 1. Исследование обнаживает системное рассогласование: проектные организации нуждаются в гибких, компетентностно-ориентированных *HR*-практиках, а получают – по большей части – административно-должностную логику, унаследованную от стабильных иерархий. 78,5 % опрошенных руководителей утверждают, что их компании перешли к найму на основе навыков. Но стоит копнуть чуть глубже – и выясняется, что действительно такой переход затрагивает лишь треть организаций. Разрыв между словом и делом (от 31 до 47 п. п.) – не сугубо российская проблема; международные данные рисуют похожую картину «бумажного» *skills-based hiring*. Однако в российских условиях к общим причинам инерции – когнитивные привычки менеджеров, дефицит валидных оценочных инструментов – добавляются собственные: регуляторная зарегулированность госсектора, слабая стандартизация проектных ролей и, что особенно критично, разобщенность *PMO* и *HR*-подразделений.

2. Кластерный анализ дает результат, который, пожалуй, стоит считать центральным. Организации адаптивного типа – те, что совмещают компетентностные матрицы, горизонтальную ротацию и возможность самостоятельного выбора проекта – демонстрируют вдвое меньшую текучесть проектного персонала и на 25,8 п. п. более высокую укомплектованность команд критическими компетенциями в сравнении с административным кластером. Это серьезный аргумент в пользу адаптивной *HR*-конфигурации как целевого ориентира для компаний, взявших курс на повышение проектной зрелости. Впрочем, адаптивный кластер пока невелик – 22 % выборки, что говорит о ранней стадии диффузии этих практик.

3. Еще один вывод, на который хотелось бы обратить внимание, – формирование совместной зоны ответственности *PMO* и *HR*. Это не организационная аномалия, а симптом более глубокой перестройки: управление людьми в проектном мире не может оставаться монополией одной функциональной вертикали. Там, где *PMO* вовлечен в кадровые решения, укомплектованность команд статистически значимо выше – факт, который трудно игнорировать.

4. Дальнейшие исследования, как представляется, должны двигаться в нескольких направлениях: лонгитюдное отслеживание перехода организаций между кластерами, разработка типовых компетентностных матриц для проектных ролей с поправкой на отрасль, а также – и это, возможно, самая интригующая тема – влияние генеративного ИИ на структуру навыков, востребованных в проектных командах. С практической стороны результаты обосновывают модель интеграции *HR* и проектного управления через непрерывный аудит компетенций, привязанный к портфелю проектов и стратегическому циклу организации.

Список литературы

1. *Мельник А. Д., Меренков А. В., Сандлер Д. Г.* Проектное обучение в передовых инженерных школах: опережающее образование личности // Интеграция образования. 2025. Т. 29. № 2 (119). С. 282–299.

2. *Сизова И. Л.* Особенности подбора персонала: интеллектуальный анализ текстов резюме и вакансий // Регионология. 2025. Т. 33. № 2 (131). С. 271–293.

3. *Сизова И.* Структурный дисбаланс компетенций работников на российском рынке труда // Экономическая политика. 2025. Т. 20. № 4. С. 142–169.

4. *Власова Е. А.* Разработка модели автоматизированной системы формирования проектных кросс-функциональных команд на предприятии // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2025. Т. 27. № 3 (125). С. 58–66.

5. *Сысоева Е. А., Мальцева И. Ф., Шевцов Н. А.* Новые формы интеграции вуза с работодателями в условиях кадрового дефицита в регионе // Экономика промышленности. 2025. Т. 18. № 1. С. 149–161.

6. *Макарова Т. Ю., Вольнова Е. Р.* Проблемы кадрового обеспечения в масложировой отрасли // Пищевая промышленность. 2024. № 12. С. 51–56.

7. *Мельник А. Д., Судакова А. Е., Антонова Н. Л.* Выбор стартовой профессиональной траектории: эффект несоответствия работы и образования // Образование и наука. 2024. Т. 26. № 8. С. 174–206.

8. *Malec M., Stańczak L.* Human capital for industrial innovation: competence development, job satisfaction and entrepreneurship at a mining institute // Production Engineering Archives. 2025. Vol. 31. № 3. Pp. 410–418.

9. *Борисова А. А.* Воспроизводство кадров высшей школы: мотивы прихода и меры закрепления // Перспективы науки и образования. 2024. № 2 (68). С. 734–754.

10. *Bobrovskii A. V., Bazhutina M. M., Gorokhova D. A., Chizhatkina E. D.* The project-based learning model of training engineers: exploring opportunities for building an individual learning trajectory from the students' and instructors' perspectives // Perspectives of Science and Education. 2024. № 3 (69). Pp. 179–191.

11. *Романова А. А., Забайкин Ю. В.* Методика развития эффективноориентированных трудовых отношений в производственных организациях: комплексный подход // Уголь. 2024. № 12 (1188). С. 79–88.

12. *Sorochak O. Z., Gvozd M. Y.* Education 4.0: innovative approaches to competence development in digital organizations // Науковий вісник Національного гірничого університету. 2025. № 5. Pp. 188–198.

13. *Гайнанов Д. А., Мигранова Л. И., Сайфуллина Л. Д.* Управление поведением индивидов на региональном рынке труда: подходы, модели и перспективы // Ars Administrandi. 2024. Т. 16. № 3. С. 459–480.

14. *Сизова И. Л.* Динамика компетенций на онлайн-рынках труда в России // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. 2024. Т. 17. № 12. С. 2441–2454.

15. *Жаркова И. М., Плотникова И. В., Росляков Ю. Ф.* Проектное обучение как инструмент активизации научной деятельности студентов и повышения конкурентоспособности выпускников на рынке труда // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2024. № 2–3 (396). С. 125–132.

References

1. Mel'nik A. D., Merenkov A. V., Sandler D. G. Project-based learning in advanced engineering schools: anticipatory personal education. *Integration of Education*, 2025, vol. 29, no. 2 (119), pp. 282–299.

2. Sizova I. L. Features of personnel recruitment: text mining of resumes and job postings. *Russian Journal of Regional Studies*, 2025, vol. 33, no. 2 (131), pp. 271–293.

3. Sizova I. Structural competence imbalance of workers in the Russian labour market. *Economic Policy*, 2025, vol. 20, no. 4, pp. 142–169.

4. Vlasova E. A. Development of an automated system model for forming project cross-functional teams at an enterprise. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2025, vol. 27, no. 3 (125), pp. 58–66.

5. Sysoeva E. A., Mal'tseva I. F., Shevtsov N. A. New forms of university–employer integration in conditions of staff shortages in the region. *Russian Journal of Industrial Economics*, 2025, vol. 18, no. 1, pp. 149–161.

6. Makarova T. Yu., Vol'nova E. R. Personnel supply problems in the fat-and-oil industry. *Food Industry*, 2024, no. 12, pp. 51–56.

7. Mel'nik A. D., Sudakova A. E., Antonova N. L. Choosing a starting professional trajectory: the job–education mismatch effect. *The Education and Science Journal*, 2024, vol. 26, no. 8, pp. 174–206.

8. Malec M., Stańczak L. Human capital for industrial innovation: competence development, job satisfaction and entrepreneurship at a mining institute. *Production Engineering Archives*, 2025, vol. 31, no. 3, pp. 410–418.

9. Borisova A. A. Reproduction of higher education personnel: motives for entry and retention measures. *Perspectives of Science and Education*, 2024, no. 2 (68), pp. 734–754.

10. Bobrovskii A. V., Bazhutina M. M., Gorokhova D. A., Chizhatkina E. D. The project-based learning model of training engineers: exploring opportunities for building an individual learning trajectory from the students' and instructors' perspectives. *Perspectives of Science and Education*, 2024, no. 3 (69), pp. 179–191.

11. Romanova A. A., Zabaykin Yu. V. A methodology for developing performance-oriented labour relations in manufacturing organisations: a comprehensive approach. *UGOL'*, 2024, no. 12 (1188), pp. 79–88.

12. Sorochak O. Z., Gvozd M. Y. Education 4.0: innovative approaches to competence development in digital organizations. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 2025, no. 5, pp. 188–198.

13. Gaynanov D. A., Migranova L. I., Sayfullina L. D. Managing individual behaviour in the regional labour market: approaches, models and prospects. *Ars Administrandi*, 2024, vol. 16, no. 3, pp. 459–480.

14. Sizova I. L. Competence dynamics in online labour markets in Russia. *Journal of Siberian Federal University.*

Humanities & Social Sciences, 2024, vol. 17, no. 12, pp. 2441–2454.

15. Zharkova I. M., Plotnikova I. V., Roslyakov Yu. F. Project-based learning as a tool for stimulating students' research activity and improving graduates' labour market competitiveness. *Izvestiya vuzov. Food technology*, 2024, no. 2–3 (396), pp. 125–132.

УДК 331.108:005.95

М. В. ПОЛЕВАЯ, д-р экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: m-v-p@list.ru
M. V. Polevaya (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Трансформация стратегий управления персоналом в условиях структурного дефицита кадров: компетентностный подход и цифровые инструменты

Transforming HR management strategies in the context of structural talent shortages: a competency-based approach and digital tools

Структурный дефицит рабочей силы, порожденный наложением демографических сдвигов, технологической модернизации и геоэкономической нестабильности, ставит под вопрос привычные схемы кадрового менеджмента. По оценкам Всемирного экономического форума, к 2030 г. трансформация затронет 22 % рабочих мест, а 63 % работодателей уже считают компетентностный разрыв главным препятствием организационных преобразований. Выявляется, как именно российские компании перестраивают HR-стратегии под давлением устойчивого кадрового голода, сфокусировав внимание на компетентностных моделях и цифровом инструментарии. Методологически исследование опирается на триангуляцию: контент-анализ HR-политик 42 крупных и средних компаний из шести отраслей, вторичный анализ мониторинговых данных (Банк России, Росстат, hh.ru, 2023–2025 гг.) и полуструктурированный экспертный опрос 28 руководителей HR-подразделений. Зафиксирован переход от реактивного рекрутинга к проактивным моделям: внутренняя ротация, автоматизация рутин, скиллинговые программы, предиктивная аналитика удержания. Компании, совместившие цифровые HR-платформы с навыковыми моделями, показывают снижение текучести на 12–18 п. п. при сокращении сроков закрытия вакансий на 26–34 %. Выделены три конфигурации стратегий – «инвестиционная», «оптимизационная», «гибридная» – с различающимися профилями рисков и эффектов. Обсуждается ограниченность компетентностного подхода при быстрой смене технологий и возможности встраивания HR-аналитики в контур стратегического планирования.

A structural labor shortage, caused by the confluence of demographic shifts, technological modernization, and geoeconomic instability, is challenging conventional HR management models. According to the World Economic Forum by 2030 transformation will affect 22 % of jobs and 63 % of employers already consider the competency gap the main obstacle to organizational change. The aim of this study is to identify how Russian companies are restructuring their HR strategies in response to persistent talent shortages, focusing on competency-based models and digital tools. Methodologically, the study relies on triangulation: content analysis of HR policies from 42 large and medium-sized companies across six industries, secondary analysis of monitoring data (Bank of Russia, Rosstat, hh.ru, 2023–2025), and a semi-structured expert survey of 28 HR department heads. A shift from reactive recruiting to proactive models: internal rotation, automation of routine tasks, skill-based programs and predictive retention analytics has been documented. Companies that have combined digital HR platforms with skill-based models demonstrate a 12–18 percentage point reduction in turnover while reducing the time it takes to fill vacancies by 26–34 %. Three strategy configurations (investment, optimization and hybrid) are identified, each with distinct

risk and benefit profiles. The limitations of a competency-based approach in the face of rapidly changing technologies and the potential for integrating HR analytics into strategic planning are discussed.

Ключевые слова: управление персоналом; дефицит кадров; компетентностный подход; HR-аналитика; удержание персонала; рынок труда; цифровая трансформация.

Keywords: human resources management; personnel shortage; competency-based approach; HR analytics; staff retention; labor market; digital transformation.

Рынок труда в России за последние два–три года переходит в состояние, которое точнее всего описать как хронический структурный дефицит. Это не просто временный дисбаланс спроса и предложения – речь идет о сдвиге, затрагивающем саму архитектуру кадровых отношений. Банк России в февральском докладе 2025 г. констатирует: 69 % предприятий к концу 2024 г. сталкиваются с нехваткой работников, безработица зафиксирована на историческом минимуме в 2,3 %, а дефицит высококвалифицированных кадров достигает 1,5 млн человек [1]. И перспективы отнюдь не обнадеживают – Минтруд прогнозирует расширение разрыва до 2,4–3,1 млн к 2030 г., причем только для замены уходящих на пенсию понадобится около 11 млн рабочих мест. По сути, меняется базовая логика кадрового менеджмента: модель «работодатель выбирает из очереди кандидатов» уступает парадигме жесткой борьбы за ограниченный человеческий капитал. Классическое разграничение режимов занятости по стратегической ценности и уникальности компетенций, предложенное в конце 1990-х гг., сейчас требует существенных коррективов – когда людей не хватает повсеместно, грань между «ключевым» и «периферийным» работником размывается, а издержки удержания порой превышают затраты на привлечение [2].

Глобальная конъюнктура, надо сказать, только подливает масла в огонь. В докладе «*Future of Jobs 2025*» Всемирного экономического форума зафиксированы масштабные цифры: 170 млн новых рабочих мест возникнет к 2030 г. на фоне ликвидации 92 млн существующих, а 39 % базовых навыков работников потребуют обновления [3]. Генеративный искусственный интеллект одновременно создает спрос на квалификации, которых пять лет назад не существует, и обесценивает навыки, казавшиеся вечными. Возникает своеобразный «парадокс навыков»: 70 % компаний заявляют о планах нанимать специалистов с *AI*-компетенциями, но 41 % тут же готовят сокращения позиций, обреченных на автоматизацию. Управление талантами в подобной среде – задача многослойная, требующая сопряжения стратегических приоритетов бизнеса, карьерных траекторий конкретных людей и институциональных ограничений рынка [4]. Зарубежные коллеги в последние годы много пишут о том, что нельзя проектировать систему управления талантами без учета контекста: отраслевого, регуляторного, даже культурного [5]. Это справедливо и для России, хотя отечественный контекст добавляет несколько собственных, весьма специфических измерений.

Каких именно? Прежде всего демографических. «Яма» 1990-х – начала 2000-х гг. оборачивается тем, что численность занятых моложе 35 лет сокращается за один только 2024 г. на 837 тыс. человек – до 20,4 млн (27,4 % всех работающих). Параллельно из гражданских отраслей в оборонно-промышленный комплекс перетекает свыше 600 тыс. человек за 2022–2024 гг. Ужесточение миграционной политики усиливает давление на низкоквалифицированный сегмент. Результат предсказуем: по данным *HeadHunter*, 67 % работодателей фиксируют удлинение сроков найма в 2024 г., 48 % – рост текучести, зарплатные предложения прибавляюи около 20 %, тогда как производительность – лишь 3–5 % [6]. Эта асимметрия – зарплаты бегут впереди отдачи – и вынуждает компании разворачиваться к альтернативным инструментам: внутренней мобильности, автоматизации, обновлению компетентностных моделей, предиктивной *HR*-аналитике.

Теоретически компетентностный подход предполагает, что систему *HR*-практик нужно конфигурировать под тип занятости и характер создаваемой ценности [7]. Цифровизация расширяет его возможности: *people analytics* переводит кадровые решения из плоскости интуиции в плоскость данных, будь то отбор, адаптация, развитие или удержание [8]. Однако работ, которые бы связали компетентностную рамку с цифровым инструментарием именно в ситуации хронического дефицита, до сих пор немного, тем более на российском материале. Собственно, это и определяет цель настоящего исследования: понять, какие механизмы адаптации *HR*-стратегий работают (или не работают) в условиях, когда дефицит кадров из временного неудобства превращается в системное ограничение.

Материалы и методы исследования

Методология выстроена по принципу триангуляции – три источника данных, каждый из которых ком-

пенсирует слабости другого. Первый: контент-анализ корпоративных *HR*-стратегий и кадровых политик 42 крупных и средних организаций из шести отраслей: обрабатывающая промышленность, *IT*, ритейл, финансы, строительство, логистика. Документы извлекаются из открытой отчетности, корпоративных сайтов и отраслевых обзоров за 2023–2025 гг.; фиксируется наличие компетентностных моделей, использование цифровых *HR*-платформ, формат программ удержания, практики внутренней ротации. Второй источник – вторичный анализ мониторинговых данных: доклады Банка России, Росстат (формы П-4, 1-Т, обследования рабочей силы), аналитика *hh.ru* и *SuperJob* за аналогичный период. Это дает возможность количественно оценить глубину дефицита и зарплатную динамику в отраслевом и региональном разрезе. Третий – полуструктурированные интервью с 28 руководителями *HR*-подразделений из компаний выборки (средняя длительность – 47 минут). Гайд покрывает четыре тематических блока: восприятие дефицита, инструментарий реагирования, барьеры цифровизации, наблюдаемые эффекты. Расшифровки обрабатываются методом тематического кодирования в *ATLAS.ti*.

Здесь важно оговорить ограничения. В выборке перепредставлены компании Центрального и Северо-Западного федеральных округов (64 %), что сужает возможности обобщения на периферийные регионы. Часть корпоративных данных из открытых источников невозможно верифицировать полностью – авторы принимают это как допущение.

Результаты исследования и их обсуждение

Начнем с фактуры. Вторичные данные обнаруживают выраженную неоднородность дефицита – и по отраслям, и по квалификационным уровням. В обрабатывающей промышленности о трудностях с подбором заявляют 90 % компаний, в логистике – 89 %, в сфере услуг – 88 %, в *IT* – 87 %. Но острота проблемы ощущается по-разному. Критический разрыв сосредоточен в сегменте инженерно-технических специалистов и квалифицированных рабочих; для административного и офисного персонала ситуация обратная – индекс *hh* подскакивает с 3,7 в апреле 2024 г. до 5,9–7,3 к середине 2025 г., т. е. на каждую вакансию приходится все больше резюме. Эта отраслевая неоднородность тесно связана с разбросом в зарплатной динамике (см. табл. 1).

Что бросается в глаза: отрасли, где индекс *hh* ниже 3, – это зона, в которой конкуренция за каждого кандидата раскручивает зарплатную спираль. Делать ставку только на деньги здесь – стратегия тупиковая. Каждый раунд повышения зарплат при дефиците в 13–20 % годового роста (при инфляции 8–10 %) давит на маржу без соразмерного прироста выработки. Любопытно, что зарубежные работы по *AI* в *HR*-практиках тоже фиксируют этот парадокс: автоматизация рекрутинга и адаптации может срезать операционные издержки на 25–40 %, но стартовые вложения и перестройка рутин – серьезный барьер [9].

Вместо того чтобы описывать каждую компанию, авторы пытаются обнаружить устойчивые паттерны. Контент-анализ документов и экспертные интервью в совокупности дают три конфигурации стратегий, различающихся по четырем осям: приоритетный канал кадрового обеспечения, главный механизм удержания, глубина цифровизации *HR*-процессов и тип компетентностной модели (см. табл. 2).

«Инвестиционная» конфигурация – удел крупных технологических и финансовых компаний, у которых хватает ресурсов вкладываться вдолгую. Они строят корпоративные «университеты», запускают ротационные программы, оплачивают стипендии – словом, воспроизводят модель дифференцированной *HR*-архитектуры, где критические компетенции выращиваются внутри [2]. «Оптимизационная» – типична для промышленности и стройки: бюджет на обучение ограничен, компании компенсируют это прямым повышением зарплат и роботизацией ручных операций. «Гибридная» – наиболее частая у организаций с диверсифицированным бизнесом – комбинирует элементы обеих и строится на *skill-based* подходе: найм и продвижение привязаны не к диплому, а к

Таблица 1

Характеристики кадрового дефицита по отраслям, 2024–2025 гг.

Отрасль	Доля компаний с дефицитом, %	Рост зарплат за 12 мес., %	Индекс *hh* (медиана)	Критичный сегмент
Обрабатывающая промышленность	90	18–22	2,1	Инженеры, станочники
Транспорт и логистика	89	15–19	2,4	Водители, операторы
IT	87	14–20	3,8	*DevOps*, *ML*-инженеры
Строительство	85	16–24	1,9	Сварщики, прорабы
Ритейл	82	12–16	4,2	Линейный персонал
Финансы	74	8–12	6,1	*Risk*-аналитики

верифицированным навыкам. Здесь стоит упомянуть, что, по данным *Burning Glass Institute*, отмена формального требования к степени теоретически расширяет воронку кандидатов до 19 раз, хотя на практике этот эффект пока минимален – реально затрагивается лишь 0,14 % наймов [10].

Уровень цифровизации *HR*-функций в выборке исследования – величина крайне неоднородная. Системы автоматизации рекрутинга (*ATS*) внедрены в 26 из 42 компаний (62 %), *LMS* – в 19 (45 %), модули предиктивной аналитики текучести – в 14 (33 %). Но вот что интересно: лишь 8 организаций (19 %) собирают все это в единую платформу. Большинство живет в «лоскутной» цифровизации, где системы не разговаривают друг с другом. А ведь именно интеграция дает наибольший эффект – и это видно по цифрам (см. табл. 3).

Разница впечатляет: компании с высокой цифровизацией закрывают вакансии почти вдвое быстрее, чем «бумажные», текучесть у них ниже на 10 п. п., а внутренних назначений – почти втрое больше. Последний показатель – пожалуй, лучший индикатор зрелости системы развития талантов: когда компания способна заполнять позиции изнутри, это значит, что кадровый резерв реально функционирует, а не существует на бумаге. Но экспертные интервью рисуют и оборотную сторону. 75 % респондентов жалуются на нехватку специалистов по *HR*-аналитике (ироничная ситуация – дефицит кадров мешает бороться с дефицитом кадров). 64 % упоминают сопротивление линейных руководителей, которые воспринимают новые инструменты как покушение на их автономию. 54 % указывают на разрыв между *HR*-системами и финансовым контуром, 43 % – на тревогу по поводу персональных данных. Глобальные исследования фиксируют сходную картину: лишь 22 % организаций считают свою *people analytics* высокоэффективной [11]. Обзоры *AI*-инструментов в *HR* дополняют эту картину пятью типичными эффектами: автоматизация рутин, оптимизация работы с данными, аугментация человеческих способностей, перестройка рабочего контекста и трансформация ролей самих *HR*-специалистов [12].

Сдвиг к *skill-based* подходу – одна из самых заметных тенденций в данном материале. 17 компаний из 42 (40 %) к 2025 г. полностью или частично отказываются от описания должностей через квалификационные требования в пользу навыковых профилей. Распределение по отраслям ожидаемо: в *IT* – 67 %, в финансах – 54 %, а в промышленности и строительстве – менее 20 %. Здесь не упустить бы одну деталь: речь не о формальном переименовании граф в штатном расписании, а о реальной перестройке процессов подбора и продвижения. Авторы выделяют три ступени зрелости этих моделей (см. табл. 4).

На «продвинутом» уровне компании задействуют алгоритмы машинного обучения для *skill inference* – автоматической верификации навыков по данным о проектах, пройденных курсах, результатам внутренних оценок. Это позволяет обнаруживать «скрытый» потенциал людей, который не ловится стандартной аттестацией. Концепция стратегического управления талантами – идентификация ключевых позиций, формирование пулов высокопотенциальных работников, проектирование *HR*-конфигураций под их развитие – в условиях тотального дефицита вынуждена расши-

Таблица 2

Конфигурации *HR*-стратегий в условиях кадрового дефицита

Параметр	Инвестиционная	Оптимизационная	Гибридная
Приоритетный канал	Внутреннее развитие, кадровый резерв	Автоматизация, аутсорсинг	Комбинация внутреннего и внешнего
Инструмент удержания	Карьерные треки, обучение	Рост зарплат, бонусы	Персонализированный *EVP*
Цифровизация *HR*	Высокая (*LMS*, *ATS*, *people analytics*)	Средняя (*ATS*, базовая аналитика)	Высокая (интегрированные платформы)
Компетентностная модель	Перспективная (*future skills*)	Актуальная (*current role fit*)	Адаптивная (*skill-based*)
Доля в выборке, %	31	36	33
Медианная текучесть, %	14	22	16

Таблица 3

Связь уровня цифровизации *HR* с кадровыми показателями (*n* = 42)

Уровень цифровизации	Число компаний	Медианный срок закрытия вакансии, дней	Текучесть, %	Доля внутренних назначений, %
Низкий (только учетные системы)	10	52	24	11
Средний (*ATS* + *LMS*)	18	38	19	18
Высокий (интегрированная платформа)	14	27	14	29

ряться за пределы узкого круга «звезд» и охватывать гораздо более широкие категории [7]. Когда цифровые платформы состыкованы с компетентностными моделями, появляется возможность прогнозировать кадровые потребности на горизонте 12–18 месяцев – и для отраслей с длинным циклом подготовки это по-настоящему ценно [13].

Один из самых интригующих сюжетов экспертного опроса – расхождение между тем, что компании делают, и тем, что, по мнению самих же руководителей *HR*, работает. Авторы просят экспертов оценить эффективность каждого инструмента по десятибалльной шкале – и результаты оказываются красноречивыми (см. табл. 5).

Картина выглядит парадоксальной. Самый массовый ответ на дефицит – рост зарплат (89 % компаний) – получает одну из низших оценок эффективности (5,8). Эксперты объясняют это «зарплатной ловушкой»: в условиях хронической нехватки людей каждое повышение тут же копируется конкурентами, превращаясь в изнурительную гонку без финиша. А вот персонализированный *EVP* – ценностное предложение, «заточенное» под конкретного человека на основе данных о его приоритетах – набирает 8,3 балла, но доступен пока лишь пятой части компаний. Слишком сложно, говорят. Систематические обзоры подтверждают: практики *talent management* значимо связаны с вовлеченностью и снижением текучести, причем посредниками выступают психологическое расширение прав и ощущение организационной поддержки [14]. Обзоры на стыке *AI* и *HRM* указывают, что стратегические модели, где кадровая функция встроена в механизм создания конкурентных преимуществ, заметно опережают операционные по отдаче [15].

Чтобы перейти от описаний к количественным оценкам, авторы строят множественную линейную регрессию по данным 42 компаний. Зависимая переменная – уровень текучести. Независимые: цифровизация *HR* (шкала 1–5), зрелость компетентностной модели (1–3), наличие программы внутренней мобильности (*dummy*), отрасль (промышленность *vs* остальные – тоже *dummy*). Результаты представлены в табл. 6.

Таблица 4

Уровни зрелости компетентностных моделей в компаниях выборки

Уровень	Характеристика	Доля компаний, %	Средний *TAI*	Связь с внутренней мобильностью
Базовый	Должностные инструкции, формальные квалификации	38	0,21	Слабая
Развитый	Компетентностные карты для ключевых позиций	36	0,47	Умеренная
Продвинутый	Навыковые профили + динамическое обновление + + *AI*-валидация	26	0,68	Сильная
Примечание. TAI (*Talent Alignment Index*) – доля внутренних перемещений, соответствующих целевому навыковому профилю				

Таблица 5

Инструменты удержания персонала: распространенность *vs* оценка эффективности

Инструмент	Доля компаний, применяющих, %	Средняя оценка эффективности (1–10)
Повышение заработной платы	89	5,8
Расширенный соцпакет (ДМС, питание)	76	6,2
Программы обучения и развития	64	7,4
Гибкий график / удаленная работа	57	7,1
Карьерные треки и ротация	43	7,9
Менторинг и коучинг	31	7,6
Персонализированный *EVP*	19	8,3

Таблица 6

Результаты регрессионного анализа факторов текучести персонала

Переменная	Коэффициент (β)	Ст. ошибка	*t*-статистика	*p-value*
Уровень цифровизации *HR*	–1,84	0,62	–2,97	0,005
Зрелость компетентностной модели	–2,67	0,89	–3	0,005
Программа внутренней мобильности	–3,41	1,24	–2,75	0,009
Промышленность (*dummy*)	+4,12	1,51	2,73	0,01
Константа	28,3	2,18	12,98	< 0,001
Примечание. $R^2 = 0,54$; $F = 10,87$; $p < 0,001$; $n = 42$				

Все четыре переменные значимы на уровне $p < 0,01$, что обнадеживает, учитывая скромный размер выборки. Содержательно: каждый дополнительный балл цифровизации «снимает» 1,84 п. п. текучести. Переход компетентностной модели с базового на продвинутый уровень (разница в два балла) дает минус 5,3 п. п. Программа внутренней мобильности – самый мощный дискретный фактор: –3,41 п. п. одним фактом своего наличия. Промышленность, наоборот, добавляет 4,1 п. п. – неудивительно при том уровне конкуренции за рабочие руки, который описан выше.

$R^2 = 0,54$ – модель объясняет чуть больше половины разброса. Оставшаяся часть, по-видимому, приходится на вещи, которые авторы не измеряют: корпоративная культура, стиль руководства, местоположение, бренд работодателя. Тем не менее результаты вполне согласуются с глобальными данными о том, что инвестиции в обучение и цифровые *HR*-инструменты одновременно поднимают производительность и удержание [3].

Выводы. 1. Если попытаться свести результаты к главному – российские компании переживают не просто кадровый дефицит, а качественную смену парадигмы управления персоналом. Модель «рынка работодателя», комфортная для предыдущих двух десятилетий, демонтирована. На ее месте – модель конкуренции за ограниченный ресурс, вынуждающая перестраиваться: растить людей внутри, моделировать компетенции, цифровизировать кадровые процессы, выстраивать индивидуальные ценностные предложения. Масштабы проблемы – 1,5 млн дефицита на конец 2024 г. с перспективой до 2,4–3,1 млн к 2030 г. – делают невозможным лобовое решение через одну лишь прибавку к зарплате. И данные исследования это подтверждают: повышение оплаты – инструмент, который применяют 89 % компаний, но его эффективность эксперты оценивают на 5,8 из 10, ниже карьерных треков (7,9) и персонализированного *EVP* (8,3).

2. Предложенная типология – «инвестиционная», «оптимизационная», «гибридная» конфигурации – показывает, что единого рецепта нет. Выбор стратегии зависит от ресурсной базы, отраслевой специфики, зрелости *HR*-функции. Но одна закономерность прослеживается устойчиво: компании, сочетающие высокий уровень цифровизации с продвинутыми компетентностными моделями, выигрывают и по текучести (14 против 22–24 % у «аналоговых»), и по скорости закрытия вакансий, и по доле внутренних назначений. Регрессия подтверждает значимость трех управляемых рычагов – цифровизации (–1,84 п. п.), зрелости компетентностной модели (–2,67 п. п.) и программ внутренней мобильности (–3,41 п. п.), – в совокупности объясняющих 54 % вариации текучести. Отдельного разговора заслуживает разрыв между популярностью инструментов и их реальной отдачей. «Зарплатная ловушка» – это, по сути, гонка вооружений без победителя: каждый шаг нейтрализуется ответным ходом конкурентов. Между тем инструменты с максимальным экспертным рейтингом – персонализированный *EVP*, менторинг, карьерная ротация – охватывают от 19 % до 43 % компаний. Тут огромный неосвоенный резерв. Переход к *skill-based* подходу (40 % выборки к 2025 г.) – движение в правильном направлении, но его влияние на реальную структуру найма еще предстоит замерить на более длинных дистанциях.

3. Куда двигаться дальше? Три направления кажутся перспективными. Во-первых, интеграция генеративного *AI* в *HR*-аналитику: динамические навыковые графы, подстраивающиеся под технологический ландшафт в реальном времени, – это уже не фантастика, а вопрос инженерной реализации. Во-вторых, *skill-based* найм нуждается в институциональной обвязке – стандартах верификации навыков, отраслевых рамках компетенций, признании неформального обучения. Без этого он останется экспериментом продвинутых компаний. И в-третьих – а это, пожалуй, самое сложное – необходим переход *HR*-аналитики со стадии операционной (дашборды, отчеты) к стратегической: прогнозирование кадровых потребностей, сценарное моделирование, расчет *ROI* кадровых вложений. Это потребует нового типа компетенций – на перекрестке данных, технологий и работы с людьми.

Список литературы

1. *О Стратегии* научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145.

2. *Сизова И.* Структурный дисбаланс компетенций работников на российском рынке труда // Экономическая политика. 2025. Т. 20. № 4. С. 142–169.

3. *Умнов В. А.* Востребованность специалистов в сфере управления персоналом на рынке труда (на примере г. Москвы) // ЭКО. 2025. № 3 (603). С. 118–133.

4. *Gobniece Z., Titko J.* Staff competencies for digital transformation: results of bibliometric analysis // Virtual Economics. 2024. Vol. 7. № 1.

5. *Sagindykova G., Mauina G., Zholmukhanova A.* et al. The transformation of labor in the digital age: matching skills to job requirements // International Journal of Innovative Research and Scientific Studies. 2025. Vol. 8. № 5. Pp. 575–584.

6. *Завьялова Е. К., Бордунос А. К.* Стратегический подход к оценке цифровизации систем управления человеческими ресурсами: пример российских компаний // Социальная психология и общество. 2024. Т. 15. № 2. С. 164–178.

7. *Долженко С. Б., Долженко Р. А., Галенковский Д. Ю.* Новая роль «бизнес-партнер в области управления персоналом» на рынке труда России // Ars Administrandi. 2024. Т. 16. № 1. С. 124–147.

8. *Борзунова Ю. М., Димитрова Ю. В., Мустафина О. В.* и др. Институциональные и управленческие механизмы развития кадрового потенциала в агропромышленном комплексе России: барьеры и перспективы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2025. № 6 (408). С. 762–766.

9. *Сизова И. Л., Кузнецова А. А.* Наем на основании компетенций: новые модальности на рынке IT-труда // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. 2025. Т. 18. № 1. С. 72–91.

10. *Колесникова О. А., Маслова Е. В., Околелых И. В., Ярышина В. Н.* Научно-методические подходы к проведению мониторинга и прогнозированию потребности в кадрах российской экономики // Социально-трудовые исследования. 2024. № 4 (57). С. 172–184.

11. *Фомичева Л. М., Пронская О. Н., Белянина И. В.* и др. Влияние цифровизации производственных процессов на трансформацию структуры трудовых ресурсов и экономическую эффективность в угольной промышленности // Горная промышленность. 2025. № 5. С. 137–145.

12. *Пьянкова С. Г., Ергунова О. Т.* Трансформация базовых компетенций человеческих ресурсов в эпоху цифровизации // Ars Administrandi. 2025. Т. 17. № 2. С. 267–294.

13. *Bobina M., Grachev M.* Digitalization of human resource management in Russia // Journal for East European Management Studies. 2024. Vol. 29. № 3. Pp. 540–564.

14. *Кобылко А. А., Рыбачук М. А.* Человеческий капитал в структуре стратегии компании: подходы к гармонизации // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2024. Т. 59. № 1. С. 29–52.

15. *Gheorghe M.* From the archetype of the employment relationship to algorithm management. Challenges regarding managerial decisions in employment relationships // Studies in Business and Economics. 2025. Vol. 20. № 2. Pp. 390–404.

References

1. *O Strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii* [On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation]. Decree of the President of the Russian Federation of 28.02.2024 no. 145.

2. Sizova I. Structural competence imbalance of workers in the Russian labour market. *Economic Policy*, 2025, vol. 20, no. 4, pp. 142–169.

3. Umnov V. A. Demand for human resource management specialists in the labour market: the case of Moscow. *ECO*, 2025, no. 3 (603), pp. 118–133.

4. Gobniece Z., Titko J. Staff competencies for digital transformation: results of bibliometric analysis. *Virtual Economics*, 2024, vol. 7, no. 1.

5. Sagindykova G., Mauina G., Zholmukhanova A. et al. The transformation of labor in the digital age: matching skills to job requirements. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 2025, vol. 8, no. 5, pp. 575–584.

6. Zav'yalova E. K., Bordunos A. K. A strategic approach to assessing the digitalisation of human resource management systems: evidence from Russian companies. *Social Psychology and Society*, 2024, vol. 15, no. 2, pp. 164–178.

7. Dolzhenko S. B., Dolzhenko R. A., Galenkovskiy D. Yu. The new role of «HR business partner» in the Russian labour market. *Ars Administrandi*, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 124–147.

8. Borzunova Yu. M., Dimitrova Yu. V., Mustafina O. V. et al. Institutional and managerial mechanisms for developing human resource potential in Russia's agro-industrial complex: barriers and prospects. *International Agricultural Journal*, 2025, no. 6 (408), pp. 762–766.

9. Sizova I. L., Kuznetsova A. A. Competency-based hiring: new modalities in the IT labour market. *Vestnik of Saint Petersburg University. Sociology*, 2025, vol. 18, no. 1, pp. 72–91.

10. Kolesnikova O. A., Maslova E. V., Okolelykh I. V., Yaryshina V. N. Scientific and methodological approaches to monitoring and forecasting personnel needs in the Russian economy. *Social and Labour Research*, 2024, no. 4 (57), pp. 172–184.

11. Fomicheva L. M., Pronskaya O. N., Belyanina I. V. et al. The impact of digitalisation of production processes on the transformation of labour resource structure and economic efficiency in the coal industry. *Russian Mining Industry*, 2025, no. 5, pp. 137–145.

12. P'yankova S. G., Ergunova O. T. Transformation of core human resource competencies in the era of digitalisation. *Ars Administrandi*, 2025, vol. 17, no. 2, pp. 267–294.

13. Bobina M., Grachev M. Digitalization of human resource management in Russia. *Journal for East European Management Studies*, 2024, vol. 29, no. 3, pp. 540–564.

14. Kobylko A. A., Rybachuk M. A. Human capital in the company strategy structure: approaches to harmonisation. *Lomonosov Economics Journal*, 2024, vol. 59, no. 1, pp. 29–52.

15. Gheorghe M. From the archetype of the employment relationship to algorithm management. Challenges regarding managerial decisions in employment relationships. *Studies in Business and Economics*, 2025, vol. 20, no. 2, pp. 390–404.

БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

УДК 623.746

О. В. ВОЙТЕНОК, канд. техн. наук (СПб УГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург)
E-mail: vogps@mail.ru
O. V. Voitenok (Saint-Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia, St. Petersburg)

Развитие технологий противодействия угрозам применения беспилотных воздушных судов

Development of technologies to counter threats from unmanned aerial vehicles

Статья посвящена анализу современных угроз, связанных с применением беспилотных воздушных судов, и рассмотрению перспективных технологий противодействия этим угрозам. Рассматриваются различные типы беспилотных воздушных судов, их тактические возможности и сценарии применения, включая атаки на критически важные объекты инфраструктуры. Особое внимание уделяется трудностям обнаружения и нейтрализации малых беспилотных воздушных судов, а также методам противодействия, таким как системы радиоэлектронной борьбы, кинетическое поражение, использование перехватчиков и механическая защита объектов. Подчеркивается необходимость комплексного подхода к защите, включающего как технические, так и организационные меры, а также важность постоянного совершенствования технологий для эффективного противодействия угрозам, связанным с применением беспилотных воздушных судов. Целью представленных в статье результатов является необходимость акцентирования внимания на развитии технологий противодействия угрозам поражения объектов беспилотными воздушными судами. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: проведен анализ систем поражения, проведена разработка методологии противодействия, выраженная в исследовании существующих средств и технологий защиты от беспилотных воздушных судов, выявлены перспективные направления развития систем противодействия. В исследовании используются методы: анализ научной литературы и электронных ресурсов по исследуемой тематике, анализ технических систем и алгоритмов управления беспилотными воздушными судами, анализ существующих систем противодействия. Развитие технологий применения беспилотных воздушных судов вызывает необходимость постоянного совершенствования систем противодействия. В статье подчеркивается, что для эффективной защиты объектов от угроз, связанных с беспилотными воздушными судами, требуется комплексный подход, включающий как технические, так и организационные меры.

The article is devoted to the analysis of modern threats associated with the use of unmanned aircraft and the consideration of promising technologies for countering these threats. The paper examines various types of unmanned aircraft, their tactical capabilities and application scenarios, including attacks on critical infrastructure facilities. Special attention is paid to the difficulties of detecting and neutralizing small unmanned aircraft, as well as counteraction methods such as electronic warfare systems, kinetic destruction, the use of interceptors and mechanical protection of objects. The need for an integrated approach to protection, including both technical and organizational measures, is emphasized, as well as the importance of continuous technology improvement to effectively counter threats associated with the use of unmanned aircraft. The purpose of the results presented in the article is the need to focus on the development of technologies to counter threats of destruction of objects by unmanned aircraft. To achieve this goal, the following tasks are being solved: an analysis of defeat systems has been carried out, a counteraction methodology has been developed, expressed in the study of existing means and technologies of protection against unmanned aircraft, promising areas for the development of

counteraction systems have been identified. The research uses the following methods: analysis of scientific literature and electronic resources on the subject under study, analysis of technical systems and algorithms for controlling unmanned aerial vehicles, analysis of existing counteraction systems. The development of technologies for the use of unmanned aircraft necessitates the continuous improvement of counteraction systems. The article emphasizes that an integrated approach, including both technical and organizational measures, is required to effectively protect facilities from threats associated with unmanned aerial vehicles.

Ключевые слова: беспилотные воздушные суда; обеспечение безопасности; противодействие угрозам поражения; средства противодействия; кинетическое поражение; средства радиоэлектронной борьбы.

Keywords: unmanned aerial vehicles; security; countering threats of destruction; countermeasures; kinetic destruction; electronic warfare.

События последних лет показывают, насколько эффективными могут быть беспилотные воздушные суда. Буквально за последние 10 лет происходит как технический рывок, так и изменение подходов, тактики и расширение сфер применения беспилотных воздушных судов [1]. Беспилотные воздушные суда становятся средством, которое используют для поражения производственных объектов. В результате атак беспилотных воздушных судов уничтожаются объекты хранения ЛВЖ и ГЖ, объекты транспортной инфраструктуры, гибнут люди. Примерами могут служить неоднократные атаки нефтепровода «Дружба» [2] в Брянской области, атаки на нефтяные терминалы порта «Усть-Луга» [3] в Ленинградской области.

Материалы и методы исследования

Цель данной работы – совершенствование подходов в обеспечении безопасности и защите объектов от поражения беспилотными воздушными судами.

В рамках исследования применяются эмпирические и теоретические методы исследования, заключающиеся в рассмотрении существующих средств и технологий поражения объектов беспилотными воздушными судами, проанализированы возможности применения существующих технологий защиты и выделены перспективы развития и подходы в повышении безопасности объектов защиты.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ систем поражения

Ударные беспилотные воздушные суда сейчас являются наиболее эффективным средством, позволяющим поражать объекты [4]. Спектр применения и типы беспилотных воздушных судов (БВС) достаточно широк и разнообразен [4, 5]. Исследование современных направлений развития беспилотной авиации свидетельствует о том, что в мировом масштабе особое значение придают оснащению беспилотных авиационных систем боевыми возможностями, разработке специальных ударных дронов и тактик их применения против объектов на земле [6]. За последние годы происходит трансформация от разведывательных и наблюдательных платформ до эффективных ударных средств [7].

Сценарии применения и типы ударных БВС

Ударные БВС самолетного типа большого радиуса действия

Применяются для поражения объектов, значительно удаленных от точки взлета БВС. Применяемый тип БВС и условия его применения обуславливают необходимость применения эффективной энергетической установки, которая обеспечивает возможность полета на большие расстояния (как правило от 300 до 1000 км) (см. рис. 1). Данная задача обеспечивается применением БВС самолетного типа с двигателями внутреннего сгорания. Применение на значительные расстояния обуславливает необходимость использования систем управления и позиционирования. Полет может осуществляться как при ручном управлении, так и в автономном режиме. Для передачи сигналов управления используется радиоканал (расстояние порядка 50 км), сети *GSM* (мобильный интернет). БВС может осуществлять полет в автономном режиме, наведение на цель и корректировка полета может быть реализовано посредством применения систем «доведения» и захвата целей. Полет данных аппаратов может осуществляться как на значительных высотах (до 8000 м), так и на небольшой высоте с огибанием складок местности, это делается для снижения заметности БВС системами РЛС и создания условий снижения поражения аппаратов с земли средствами ПВО. За счет необходимости нести значительный вес топлива масса целевой поражающей нагрузки, на данных аппаратах ограничена. Для взлета требуются ровные площадки или пусковые системы (катапульты).



Рис. 1. Примеры БВС дальнего радиуса действия самолетного типа (АН-196 «Лютый», Украина)

Запуск БВС в основном осуществляется с территории противника или недружественных государств.

Ударные БВС самолетного типа малого радиуса действия

Данный тип БВС характеризуется относительно небольшим радиусом действия. Как правило, он не превышает 100 км. Масса данных БВС составляет от 5 до 50 кг (см. рис. 2). На данных БВС используется чаще всего электродвигатель. Для взлета используются пусковые устройства (катапульты). Возможность посадки либо не предусмотрена, либо используется парашютная система.

Запуск БВС осуществляется на небольшом удалении от объектов поражения. Возможен запуск диверсионными группами с территории противника.

Ударные БВС мультироторного типа малого радиуса действия

Данные БВС имеют небольшой радиус действия (до 15 км.), целевая нагрузка – до 3 кг. Запуск осуществляется, как правило, непосредственно с линии соприкосновения или на незначительном удалении.

FPV-БВС представляют собой легкие, высокоподвижные аппараты, способные наносить удары там, куда тяжелые проникнуть не могут [8]. Малые БВС являются наиболее сложными объектами противодействия [9]. Сложность их обнаружения обусловлена малыми высотами полета, высокой скоростью движения, низкой радиолокационной заметностью, использование для передачи сигнала оптических систем.

На текущий момент становится актуальным применение данных БВС для производства диверсий в тылу. Противник обеспечивает удаленный массовый запуск БВС с замаскированных позиций (см. рис. 3). Управление осуществляется через мобильные сети напрямую или с выводом сигнала управления через ретранслятор.

Еще одним способом использования БВС является возможность подвеса БВС малого типа на внешние плоскости БВС дальнего радиуса действия. Доставка в район применения осуществляется аппаратом самолетного типа. Запуск БВС мультироторного типа осуществляется с подвески путем сброса (см. рис. 4). Аппарат самолетного типа в данном случае также может выступать в качестве ретранслятора сигнала управления и передачи видеоизображения.

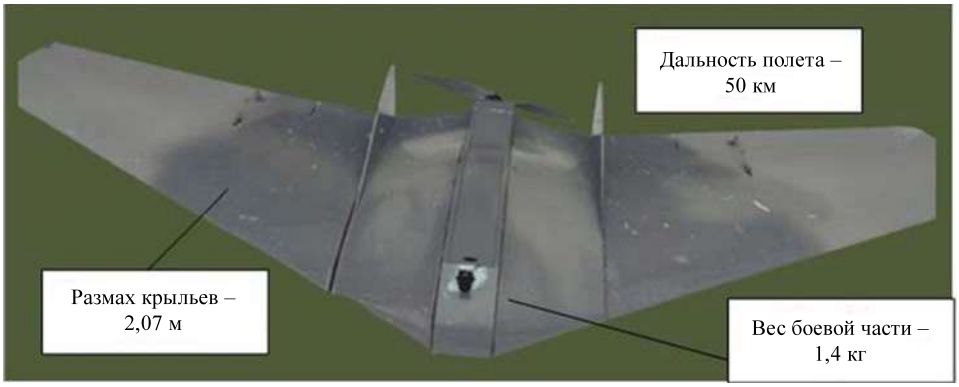


Рис. 2. Примеры БВС малого радиуса действия самолетного типа («Гендальф-К», Украина)



Рис. 3. Пример замаскированной платформы с БВС мультироторного типа малого радиуса действия, смонтированная в транспортируемом контейнере



Рис. 4. БВС «Довбуш» с 2-мя БВС под крылом (Украина)

Для увеличения радиуса действия систем управления применяются ретрансляторы. Ретранслятор монтируется на БВС самолетного или мультироторного типа. БВС висит в воздухе или барражирует в заданном районе. БВС с ретранслятором «зависает» на высоте 500–600 метров и ретранслирует сигнал управления и видеопередачи на БВС, применяемый для поражения целей. Частоты, на которых работает ретранслятор как правило разнесены: например, от БВС-ретранслятора *VTX* идет на 5,8 ГГц и управление 915 МГц, а на ретранслятор *VTX* на 1,2 ГГц и передача управления 2,4 ГГц. Делается это для обеспечения отсутствия помех гармоник частот при работе.

Анализ систем противодействия

Существующие подходы в противодействии БВС относительно оптимистичны. Однако развитие технологий применения и противодействия системам поражения выявляют значительные проблемы [9].

Рассмотрение систем противодействия необходимо начать с варианта недопущения взлета БВС. Это реализуется за счет невозможности организации площадок для взлета в непригодное состояние, нарушения логистики доставки оборудования взлета в районы, противодействие действиям диверсионных групп.

Для взлета аппаратов самолетного типа, как правило, используется пусковая установка, которая монтируется на ровной поверхности. На монтаж установки необходимо примерно 30 мин. На текущий момент есть примеры применения мобильных пусковых установок, перевозимых на прицепе и имеющих возможность быстрого развертывания. Основным способом противодействия является отслеживание на дорогах общего пользования транспортных средств, которые могут быть использованы для транспортировки пусковых установок (см. рис. 5).

Следующим аспектом является обнаружение уже летящих БВС и принятие решений на их недопущение в район нахождения возможных объектов поражения.



Рис. 5. Пример мобильной пусковой установки, перевозимой на прицепе



Рис. 6. Оборудование *DJI AeroScope*

Средства радиоэлектронной разведки позволяют обнаруживать сигналы, характерные для различных типов систем управления БВС и передачи видеоизображения и телеметрии. Для обнаружения оборудования *DJI* присутствует коммерческое решение *DJI AeroScope*, производимое в 2-х версиях: стационарной и портативной (см. рис. 6). С помощью оборудования *AeroScope* можно отслеживать не только положение БВС *DJI*, но и положение оператора (пульта управления), маршрут движения, *ID* аппарата. Применение неофициальных прошивок позволяет вносить изменения в перечень передаваемой информации.

Портативные существующие детекторы БВС (см. рис. 7) настроены на известные частоты и не всегда сигнализируют о появлении БВС. Применение данных детекторов не позволяет обеспечивать гарантированное обнаружение БВС, определить направление движения.

Сейчас повсеместно используется «уход» со стандартных частот, что в свою очередь приводит к тому, что не всегда удается обнаруживать БВС. В данной ситуации помогает оборудования для проведения анализа широкого спектра радиосигналов. Данный процесс требует определенной квалификации и практических навыков. Специалист анализирует сигналы на различных диапазонах и принимает решение. Для определения направления могут быть использованы направленные антенны.

Применение радиолокационных систем с правовой точки зрения требует получение лицензий на использование частотных диапазонов. Также небольшие БВС имеют крайне низкую радиолокационную видимость при применении на предельно низких высотах.



Рис. 7. Варианты портативных дрон-детекторов и анализатора радиочастотного спектра

Снижение эффективности систем радиоэлектронной разведки (РЭР) происходит, в частности, за счет внедрения технологий автономного полета без участия оператора. На этапе непосредственной атаки объекта БВС реализация данного алгоритма возможна при применении систем захвата целей и автоматического «донаведения» БВС.



Рис. 8. Пример системы захвата цели и донаведения БВС на цель, применяемой противником

На текущий момент развиваются системы «донаведения» и захвата целей. Пример использования системы «донаведения» представлен на рис. 8 [10]. В России разработки проводятся несколькими компаниями – примером может быть БАС «Велес» [11]. Системы «донаведения» идентефицируют объект по определенным точкам и «захватывают» его, далее управление БВС осуществляется автономно.

Развитие систем противодействия

Самым простым способом защиты от поражающего воздействия БВС на объекты, в случае если не удается не допустить БВС до объекта являются системы механической защиты, которые представлены применением сеток повышенной прочности и ограждающих конструкций [12, 13] (см. рис. 9).

Сетка монтируется вокруг объекта на определенном расстоянии. При столкновении с сеткой при подрыве заряда воздействие на сам объект снижается. Сетка должна быть достаточно прочной, она должна выдержать удар БВС с учетом инерции движения. Применение механической защиты является последним рубежом защиты, и работает тогда, когда другие способы неэффективны.

Системы противодействия предусматривают построение эшелонированной защиты от беспилотных воздушных судов [14, 15].



Рис. 9. Примеры использование механической защиты от БАС на резервуаре ЛВЖ

БВС будет действовать в условиях противодействия [16]. На эффективность работы систем будет влиять время обнаружения угрозы (БВС). Широко применяемые системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ) должны работать в купе с системами, позволяющими фиксировать и отслеживать появление БВС. Самыми доступными способами обнаружения БВС применительно к организациям, осуществляющим защиту объектов, на текущий момент являются средства радиомониторинга (радиоэлектронной разведки). Мониторинг осуществляется по частотам, на которых работают БВС: это частоты передачи видеосигнала, телеметрии.

Системы РЭБ не могут работать в постоянном режиме, включение и воздействие на БВС осуществляется при обнаружении БВС. Системы РЭБ, применяемые на объектах, представлены в двух вариантах: стационарные системы и мобильные комплексы (см. рис. 10). Стационарные системы могут обеспечивать создание круговой зоны защиты (купола) или осуществлять направленное воздействие. Стационарные системы могут работать как в автоматическом режиме вкупе с системами обнаружения и мониторинга, так и в ручном режиме. Мобильные комплексы радиоэлектронной борьбы могут включать в себя устройства обнаружения работы БВС и подавления [16, 17]. Сейчас использование радиоэлектронной борьбы оказывается недостаточно эффективным, потому что комплексы, создающие помехи, сами превращаются в цели для атакующих беспилотников врага [18].

Применение систем противовоздушной обороны (ПВО) ограничено возможность использования таких систем. На текущий момент применение комплексов ПВО организациями, осуществляющими охрану объектов, на законодательном уровне не урегулировано. Средства ПВО используют подразделения Министерства обороны РФ (см. рис. 11).



Рис. 10. Примеры мобильных и стационарных комплексов РЭБ



Рис. 11. Примеры систем ПВО



Рис. 12. Применение сетей и сеткосбросов для обезвреживания БВС

Низкоскоростные аппараты могут быть остановлены с помощью специальной сети, которая может транспортироваться БВС или сбрасываться с помощью специальной установки БВС (см. рис. 12). Применение данных устройств возможно на небольших скоростях БВС противника с учетом возможности наведения и прицеливания. «Поймать» в такую сеть скоростной аппарат получится только случайно.

Одной из замен систем ПВО может служить использование противодронов, т. е. применение беспилотных воздушных судов перехватчиков для кинетического поражения объектов. Данные аппараты не несут на борту взрывчатых веществ. В данном случае решающее значение будут иметь системы прицеливания и наведения на БВС противника. Поразить БВС в ручном режиме достаточно трудно. Примером таких систем является БВС «Елка» (см. рис. 13).



Рис. 13. БВС перехватчик «Елка»

Выводы. На текущий момент можно выделить ряд перспективных направлений защиты объектов от БВС, развитие которых позволит повысить защищенность объектов.

1. Развитие систем маскировки, которые не позволят «захватывать» объект в качестве цели. В качестве примера системы маскировки выступает активный камуфляж, он должен «подстраивается» под местность.

2. Создание ложных целей. На основе анализа масок опознавания, которые используются для захвата целей предлагается создание ложных целей, которые будут опознаваться БВС противника в качестве объектов поражения. Такие маски придется постоянно менять, так как системы захвата также будут самообучаться и совершенствоваться.

3. Воздействие на оптические системы БВС. На текущий момент данные системы не нашли широкого распространения, хотя данные комплексы разработаны в РФ. Развитие систем оптического поражения позволит снизить точность средств поражения.

4. Воздействие на БВС сверхвысокочастотным и лазерным излучением [19]. Это позволит выводить из строя как оптические системы, так и радиоэлектронное оборудование (см. рис. 14).



Рис. 14. Лазерные комплексы «Пересвет» и «Задира»



Рис. 15. Оснащение объектов стационарными и мобильными комплексами с перехватчиками БВС



Рис. 16. Средства и системы противодействия применения БВС

5. Развитие возможностей применения БВС для поражения БВС противника путем кинетического воздействия [20] (см. рис. 15). Упрощенный порядок применения данных систем обусловлен отсутствием взрывчатого вещества в боевой части. Но все равно необходимо будет осуществить нормативное регулирование возможности применения данных комплексов.

На рис. 16 представлена схема, отражающая подходы в реализации методов и средств противодействия беспилотным воздушным судам. Схема разделена на пять основных блоков, каждый из которых описывает определенный аспект защиты от беспилотных воздушных судов.

6. Развитие технологий применения БВС вызывает совершенствование методов противодействия, и наоборот. Данный процесс цикличен и в данной ситуации выиграет тот, кто сможет оперативно реагировать как с интеллектуальной стороны, так и технической.

Список литературы

1. *Дюмин А. Е., Михайлов В. Е., Тихонов Д. А.* Развитие и использование БПЛА в военной сфере // Научное обозрение: актуальные вопросы теории и практики: Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Пенза: Наука и Просвещение. 2024. С. 15–20.

2. *Генштаб* ВСУ признал, что целился в нефтепровод «Дружба» // РИА. URL: https://ria.ru/20250311/ataka-2004377872.html?ysclid=mhx37f1b2q517046357.

3. *Стало* известно, как беспилотники ВСУ долетели до порта в Усть-Луге // МК. URL: https://www.mk.ru/politics/2025/08/26/stalo-izvestno-kak-bespilotniki-vsu-doleteli-do-porta-v-ustluge.html?ysclid=mhx39dxt32563883624.

4. *Свидетельство* о государственной регистрации базы данных № 2025622629 РФ. БПЛА ударные одноразового действия мультироторного типа (FPV), применяемые Вооруженными силами Украины // И. М. Шмелев, С. А. Алексеев, Д. В. Коваленко.

5. *Сухарев Д. А.* История развития ударных БПЛА // Институт истории естествознания и техники им. С. И.

Вавилова: Труды XXVIII Годичной науч. конф. Института истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН. М.: Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН. 2022. С. 171–174.

6. *Липлявкин Р. И., Козлов О. А.* Тенденции развития беспилотных летательных аппаратов, беспилотных авиационных систем и комплексов в зарубежных странах // Фундаментальные и прикладные исследования в науке и образовании: сб-ник ст. Междунар. науч.-практич. конф. Уфа: Аэтерна. 2021. С. 29–33.

7. *Лежникова Е. А., Нечаева А. С., Фирстова С. В.* Трансформация беспилотного летательного аппарата в барражирующий боеприпас // Астероидная безопасность: мат-лы X и XI науч.-технич. конф., Южно-Уральский государственный университет Политехнический институт Высшая школа электроники и компьютерных наук. Челябинск: Южно-Уральский государственный университет. 2025. С. 165–169.

8. *Матарас А. А., Гуляев И. Ю.* Анализ применения FPV дронов в ходе боевых действий 2014–2023 гг. // Актуальные вопросы повышение эффективной огневой подготовки в силовых структурах: теория и практика (III Макаровские чтения): Всеросс. сб. науч.-практич. мат-лов. Пермь: Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации. 2023. № 3. С. 135–141.

9. *Макаренко С. И., Тимошенко А. В., Васильченко А. С.* Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 1. С. 109–146.

10. *Украина* применила против России беспилотники с боевым ИИ. В чем их особенность? // Лента. URL: https://lenta.ru/news/2024/04/02/ukraina-primenila-protiv-rossii-bespilotniki-s-boevym-ii-v-chem-ih-osobennost/.

11. *Российский* FPV-дрон «Велес» оснастят системой донаведения на источник РЭБ // Российская газета. URL: https://rg.ru/2024/06/20/rossijskij-fpv-dron-veles-osnastiat-sistemoj-donavedeniia-na-istochnik-reb.html?ysclid=m2ypgh4hhk190557876.

12. *Завод* габионных конструкций. URL: https://kogangabions.ru/produkciya/gabiony-nasypnogo-tipa/cetka-ot-bpla/5848.

13. *ООО «Тенет»*. URL: https://tenet-zavod.ru/bpla?utm_source=ya-tenet-tikhon&utm_medium=cpc&utm_campaign=704129698&utm_content=17353685637&utm_term=---autotargeting&utm_gid=5664185987&pm_source=none&pm_source_type=search&roistat=direct5_search_17353685637_---autotargeting&roistat_referrer=none&roistat_pos=premium_3&y_ref=none&ybaip=1&yclid=4202437260940935167.

14. *Зотов П. Ю., Козлов В. В.* Роботизированная система охраны стационарного площадного объекта от малогабаритных беспилотных летательных аппаратов // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «АСУ, информационно-телекоммуникационные системы»: сб-ник ст. III Всеросс. науч.-технич. конф. Анапа: Военный инновационный технополис «ЭРА». 2021. Т. 1. С. 59–64.

15. *ООО «ДТФ»*. URL: https://taktichesky.ru/product/blokirator-dronov-garpiya-120w/?ysclid=mhn4unh948790934.

16. *Привалов А. А., Егоренков С. А., Прядкин А. М.* Модель процесса выполнения задачи ударным БПЛА в условиях противодействия противника // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 4. С. 220–230.

17. *Активная* защита объектов от диверсионных средств поражения. СПб: Типография Любавич. 2022. С. 268–275.

18. *Шерстюков С. А., Толстых О. В.* Алгоритмы и устройства радиоэлектронного противодействия беспилотным летательным аппаратам с бортовыми автоматическими радиопеленгаторами // Вестник Воронежского института МВД России. 2025. № 2. С. 103–118.

19. *Макаренко С. И.* Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 4. Функциональное поражение сверхвысокочастотным и лазерным излучениями // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 3. С. 122–157.

20. *Полтавский А. В., Юрков Н. К.* Модель оценки эффективности дронов-камикадзе // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2024. Т. 2. С. 242–243.

References

1. Dyumin A. E., Mikhailov V. E., Tikhonov D. A. «Development and Use of UAVs in the Military Sphere». *Scientific Review: Current Issues of Theory and Practice: Collection of Articles from the XIII International Scientific and Practical Conference*. Penza, Nauka i Prosveshchenie, 2024, pp. 15–20.

2. The General Staff of the Ukrainian Armed Forces admitted that it was targeting the Druzhba oil pipeline. *RIA*, available at: https://ria.ru/20250311/ataka-2004377872.html?ysclid=mhx37f1b2q517046357.

3. It has become known how Ukrainian drones reached the port in Ust-Luga. *MK*, available at: https://www.mk.ru/politics/2025/08/26/stalo-izvestno-kak-bespilotniki-vsu-doleteli-do-porta-v-ustluge.html?ysclid=mhx39dxt32563883624.

4. Shmelev I. M., Alekseev S. A., Kovalenko D. V. *BPLA udarnye odnorazovogo dejstviya mul'tirotornogo tipa (FPV), primenyaemye Vooruzhennymi silami Ukrainy* [Single-use multirotor attack UAVs (FPV) used by the Armed Forces of Ukraine]. Certificate of state registration of the database No. 2025622629 Russian Federation..

5. Sukharev D. A. History of the development of attack UAVs. *S. I. Vavilov Institute for the History of Natural Science and Technology: Proceedings of the XXVIII Annual Scientific Conference of the S. I. Vavilov Institute for the History of Natural Science and Technology, Russian Academy of Sciences.* Moscow, S. I. Vavilov Institute for the History of Natural Science and Technology, Russian Academy of Sciences, 2022, pp. 171–174.

6. Liplyavkin R. I., Kozlov O. A. Development Trends of Unmanned Aerial Vehicles, Unmanned Aircraft Systems, and Complexes in Foreign Countries. *Fundamental and Applied Research in Science and Education: Collection of Articles*

from the International Scientific and Practical Conference. Ufa, Aeterna Limited Liability Company, 2021, pp. 29–33.

7. Lezhnikova E. A., Nechaeva A. S., Firstova S. V. Transformation of an Unmanned Aerial Vehicle into a Loitering Munition. *Asteroid Safety: Proceedings of the X and XI Scientific and Technical Conferences, South Ural State University Polytechnic Institute, Higher School of Electronics and Computer Science*. Chelyabinsk, South Ural State University, 2025, pp. 165–169.

8. Mataras A. A., Gulyaev I. Yu. Analysis of the Use of FPV Drones during Combat Operations in 2014–2023. *Current Issues of Improving Effective Fire Training in Law Enforcement Agencies: Theory and Practice (III Makarov Readings): All-Russian Collection of Scientific and Practical Materials*. Perm, Perm Military Institute of the National Guard Troops of the Russian Federation, 2023, no. 3, pp. 135–141.

9. Makarenko S. I., Timoshenko A. V., Vasilchenko A. S. Analysis of Means and Methods of Countering Unmanned Aerial Vehicles. Part 1. Unmanned Aerial Vehicle as an Object of Detection and Destruction. *Systems of Control, Communication and Security*, 2020, no. 1, pp. 109–146.

10. Ukraine used drones with combat AI against Russia. What makes them special? *Lenta*, available at: https://lenta.ru/news/2024/04/02/ukraina-primenila-protiv-rossii-bespilotniki-s-boevym-ii-v-chem-ih-osobennost/.

11. Russia's Veles FPV drone will be equipped with a targeting system for electronic warfare. *RG*, available at: https://rg.ru/2024/06/20/rossijskij-fpv-dron-veles-osnastiat-sistemoj-donavedeniia-na-istochnik-reb.html?ysclid=m2ypgh4hhk190557876.

12. *Gabion Structures Plant*, available at: https://kogangabions.ru/produkciya/gabiony-nasypnogo-tipa/cetka-ot-bpla/5848.

13. *Tenet LLC*, available at: https://tenet-zavod.ru/bpla?utm_source=ya-tenet-tikhon&utm_medium=cpc&utm_campaign=704129698&utm_content=17353685637&utm_term=---autotargeting&utm_gid=5664185987&pm_source=none&pm_source_type=search&roistat=direct5_search_17353685637_---autotargeting&roistat_referrer=none&roistat_pos=premium_3&y_ref=none&ybaip=1&yclid=4202437260940935167.

14. Zotov P. Yu., Kozlov V. V. Robotic system for protecting a stationary area object from small-sized unmanned aerial vehicles. *The state and prospects of development of modern science in the direction of* «*ACS, information and telecommunication systems*»*: Collection of articles of the III All-Russian scientific and technical conference*. Anapa, Military Innovative Technopolis «ERA», 2021, vol. 1, pp. 59–64.

15. *DTF*, available at: https://taktichesky.ru/product/blokirator-dronov-garpiya-120w/?ysclid=mhn4unh948790934.

16. Privalov A. A., Egorenkov S. A., Pryadkin A. M. Model of the process of performing a task by an attack UAV in conditions of enemy counteraction. *Izvestiya Tula State University. Technical sciences*, 2025, no. 4, pp. 220–230.

17. *Aktivnaya zashchita ob'ektov ot diversionnyh sredstv porazheniya* [Active Protection of Objects from Sabotage Weapons]. St. Petersburg, Lyubavich Printing House, 2022, pp. 268–275.

18. Sherstyukov S. A., Tolstykh O. V. Algorithms and Devices for Electronic Countermeasures against Unmanned Aerial Vehicles with Onboard Automatic Radio Direction Finders. *Vestnik of Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia*, 2025, no. 2, pp. 103–118.

19. Makarenko S. I. Analysis of Means and Methods of Countering Unmanned Aerial Vehicles. Part 4. Functional Damage with Microwave and Laser Radiation. *Systems of Control, Communication and Security*, 2020, no. 3, pp. 122–157.

20. Poltavsky A. V., Yurkov N. K. Model for assessing the effectiveness of kamikaze drones. *Proceedings of the international symposium* «*Reliability and Quality*», 2024, vol. 2, pp. 242–243.

УДК 004.056

Л. А. ЕЖОВА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: laezhova@fa.ru
L. A. Ezhova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Информационная безопасность в условиях расширения цифровых сервисов

Information security in the context of expanding digital services

Анализируются особенности обеспечения информационной безопасности в условиях расширения цифровых сервисов и обоснование комплексного подхода к формированию устойчивой модели защиты информации в распределенной цифровой среде. Актуальность темы определяется ростом числа инцидентов информационной безопасности, увеличением атак на сервисно-ориентированные архитектуры и необходимостью согласования технологических, организационных и правовых механизмов защиты данных в условиях высокой динамики цифровых процессов. Выявлено, что расширение цифровых сервисов приводит к смещению акцента в обеспечении информационной безопасности

от статических средств защиты к адаптивным и многоуровневым механизмам, ориентированным на управление рисками и непрерывный мониторинг угроз. Обоснована необходимость интеграции технических средств защиты с организационными регламентами, процедурами управления доступом и механизмами контроля целостности данных. Показано, что устойчивость цифровых сервисов во многом определяется согласованностью архитектурных решений и политик информационной безопасности на всех этапах жизненного цикла сервисов.

The purpose of this study is to analyze the specifics of information security in the context of the expansion of digital services and to substantiate a comprehensive approach to developing a sustainable information security model in a distributed digital environment. The relevance of this topic is determined by the growing number of information security incidents, the increase in attacks on service-oriented architectures, and the need to align technological, organizational and legal mechanisms for data protection in a highly dynamic digital environment. The study revealed that the expansion of digital services is leading to a shift in the emphasis of information security from static security measures to adaptive and multi-layered mechanisms focused on risk management and continuous threat monitoring. The need to integrate technical security measures with organizational regulations, access control procedures and data integrity control mechanisms is substantiated. It is shown that the resilience of digital services is largely determined by the consistency of architectural solutions and information security policies at all stages of the service lifecycle.

Ключевые слова: Информационная безопасность; цифровые сервисы; защита информации; цифровая инфраструктура; облачные технологии; управление доступом; устойчивость информационных систем.

Keywords: Information security; digital services; information protection; digital infrastructure; cloud technologies; access management; sustainability of information systems.

Активное расширение цифровых сервисов в последние годы является одним из ключевых факторов трансформации экономических и социальных процессов. Использование онлайн-платформ, облачных решений, мобильных приложений и распределенных сервисных архитектур охватывает все более широкий круг сфер – от финансовых и торговых операций до образования, здравоохранения и государственных услуг. В результате цифровая среда приобретает многоуровневый и распределенный характер, в котором обработка, передача и хранение данных осуществляются с участием множества технологических компонентов и пользователей.

В условиях подобной трансформации вопросы информационной безопасности выходят за рамки исключительно технической задачи и приобретают системное значение. Расширение цифровых сервисов сопровождается ростом объемов обрабатываемых данных, увеличением числа точек доступа и усложнением взаимодействия между элементами цифровой инфраструктуры. Это, в свою очередь, приводит к появлению новых уязвимостей, повышению вероятности несанкционированного доступа, утечек информации и нарушений целостности данных. Традиционные модели обеспечения информационной безопасности, ориентированные на изолированные системы и фиксированные периметры защиты, оказываются недостаточно адаптированными к условиям динамичной и распределенной цифровой среды.

Особенностью современных цифровых сервисов является их сервисно-ориентированная архитектура, активное использование открытых интерфейсов, удаленного доступа и облачных вычислений. Такие технологические решения существенно расширяют функциональные возможности систем, однако одновременно увеличивают сложность контроля информационных потоков и управления доступом. В этих условиях информационная безопасность должна рассматриваться не как совокупность отдельных защитных механизмов, а как интегрированная система, включающая технические, организационные и правовые компоненты.

Актуальность исследования обусловлена тем, что рост цифровых сервисов сопровождается увеличением числа инцидентов информационной безопасности и усложнением характера угроз. Современные риски связаны не только с внешними атаками, но и с внутренними факторами, ошибками конфигурации, недостаточной регламентацией процессов и человеческим фактором. При этом развитие цифровых сервисов носит опережающий характер по отношению к формированию устойчивых моделей защиты информации, что требует научного осмысления и систематизации подходов к обеспечению информационной безопасности.

Научная проблема заключается в необходимости формирования комплексного подхода к обеспечению информационной безопасности в условиях расшире-

ния цифровых сервисов, учитывающего специфику распределенных архитектур, многообразие цифровых каналов взаимодействия и высокую динамику изменений цифровой среды. Несмотря на наличие значительного числа исследований, посвященных отдельным аспектам кибербезопасности, вопросы согласования архитектурных решений цифровых сервисов и механизмов защиты информации остаются недостаточно структурированными и требуют дальнейшего теоретического анализа.

Таким образом, исследование информационной безопасности в условиях расширения цифровых сервисов представляется актуальным как с точки зрения развития научных представлений о цифровой инфраструктуре, так и с позиции практической значимости для формирования устойчивых и безопасных цифровых систем.

Цель данной работы – теоретическое обоснование и систематизация подходов к обеспечению информационной безопасности в условиях расширения цифровых сервисов, а также выявление ключевых факторов, влияющих на устойчивость цифровых систем в распределенной среде.

Для достижения поставленной цели в работе предполагается решение следующих задач:

- проанализировать особенности функционирования цифровых сервисов и их влияние на структуру информационных рисков;
- исследовать основные угрозы информационной безопасности, возникающие в условиях распределенной цифровой инфраструктуры;
- обобщить существующие подходы к обеспечению защиты информации и выявить их ограничения в условиях расширения цифровых сервисов;
- обосновать необходимость комплексного, многоуровневого подхода к информационной безопасности, включающего технические, организационные и нормативные элементы;
- определить направления повышения устойчивости цифровых сервисов с учетом современных требований к защите данных и управлению доступом.

Реализация указанных задач позволяет сформировать целостное представление о проблематике информационной безопасности в условиях цифровизации и создать теоретическую основу для дальнейших исследований и практических разработок в области защиты информации.

Методологические основы исследования информационной безопасности в условиях расширения цифровых сервисов

Современная цифровая среда характеризуется высокой степенью распределенности, многообразием технологических решений и постоянным расширением спектра цифровых сервисов. В таких условиях обеспечение информационной безопасности требует отказа от узкофункциональных и фрагментарных подходов в пользу комплексной методологической базы, позволяющей учитывать взаимосвязь технологических, организационных и нормативных факторов. Настоящее исследование опирается на системное представление цифровых сервисов как совокупности взаимозависимых компонентов, функционирующих в условиях повышенной неопределенности и динамики угроз.

Методологические основы исследования формируются на базе системного, структурно-функционального и риск-ориентированного подходов. Системный подход позволяет рассматривать информационную безопасность не как изолированную подсистему, а как неотъемлемый элемент цифровой инфраструктуры, включающий процессы сбора, обработки, передачи и хранения данных. В рамках данного подхода цифровые сервисы анализируются как открытые системы, взаимодействующие с внешней средой и подверженные воздействию множества факторов, включая технологические сбои, человеческий фактор и внешние киберугрозы.

Структурно-функциональный подход используется для анализа внутреннего устройства цифровых сервисов и распределения функций обеспечения безопасности между их элементами. Он позволяет выявить ключевые узлы цифровой инфраструктуры, наиболее уязвимые к нарушениям конфиденциальности, целостности и доступности информации. Особое внимание уделяется архитектурным решениям, связанным с использованием облачных технологий, сервисов удаленного доступа и открытых программных интерфейсов, которые существенно расширяют функциональные возможности систем, но одновременно усложняют контроль информационных потоков.

Риск-ориентированный подход применяется для идентификации и классификации угроз информационной безопасности, возникающих в условиях расширения цифровых сервисов. В рамках данного подхода риски рассматриваются как результат взаимодействия уязвимостей цифровых сервисов, потенциальных угроз и последствий их реализации. Такой подход позволяет сместить акцент с реактивных мер защиты на превентивное управление рисками и формирование адаптивных механизмов безопасности.

В методологическом плане исследование основывается на анализе нормативно-правовых актов в области защиты информации, научных публикаций по проблематике кибербезопасности и цифровых технологий, а также на сравнительном анализе су-

Таблица 1

Методологические подходы к исследованию информационной безопасности цифровых сервисов

Подход	Содержание	Область применения	Результат
Системный	Рассмотрение цифровых сервисов как целостной системы	Анализ цифровой инфраструктуры	Выявление взаимосвязей между элементами
Структурно-функциональный	Анализ структуры и функций компонентов сервиса	Идентификация уязвимых элементов	Повышение управляемости безопасности
Риск-ориентированный	Оценка угроз, уязвимостей и последствий	Управление информационными рисками	Снижение вероятности инцидентов
Процессный	Анализ жизненного цикла цифрового сервиса	Непрерывность обеспечения безопасности	Адаптация защитных механизмов

Таблица 2

Основные элементы цифровых сервисов и аспекты информационной безопасности

Элемент цифрового сервиса	Характеристика	Основные угрозы	Меры обеспечения безопасности
Пользовательский интерфейс	Точки взаимодействия с пользователем	Несанкционированный доступ	Аутентификация, авторизация
Серверная часть	Обработка и хранение данных	Нарушение целостности данных	Контроль доступа, резервирование
Облачная инфраструктура	Распределенные вычислительные ресурсы	Утечки информации	Шифрование, сегментация
Каналы передачи данных	Передача информации между компонентами	Перехват данных	Криптографическая защита

ществующих моделей обеспечения информационной безопасности. Используемые методы включают логический анализ, классификацию, обобщение и интерпретацию научных данных, что обеспечивает целостность и воспроизводимость результатов исследования.

Особое место в методологии занимает рассмотрение информационной безопасности как непрерывного процесса, сопровождающего жизненный цикл цифрового сервиса – от проектирования и внедрения до эксплуатации и модернизации. Такой подход позволяет учитывать динамический характер цифровой среды и необходимость регулярной адаптации механизмов защиты информации в ответ на изменение технологических условий и появление новых угроз.

Методологическая структура исследования сведена в табл. 1.

Для формализации объектов исследования цифровые сервисы рассматриваются как совокупность функциональных модулей, каждый из которых обладает собственным набором рисков и требований к защите информации. Такой подход позволяет дифференцировать меры информационной безопасности и избегать универсальных, но малоэффективных решений. Ключевые элементы цифровых сервисов и соответствующие им аспекты безопасности представлены в табл. 2.

Таким образом, предложенная методологическая база обеспечивает комплексный анализ информационной безопасности в условиях расширения цифровых сервисов и формирует основу для дальнейших теоретических и прикладных исследований в данной области.

Архитектурно-методологические основания обеспечения информационной безопасности цифровых сервисов

Расширение цифровых сервисов приводит к формированию сложных, распределенных информационных архитектур, в рамках которых обработка и хранение данных осуществляется с использованием облачных платформ, удаленных вычислительных ресурсов и сервисно-ориентированных решений. В таких условиях информационная безопасность перестает быть локальной задачей защиты отдельных компонентов и трансформируется в многоуровневую систему, встроенную в архитектуру цифрового сервиса на всех этапах его жизненного цикла. Настоящий раздел посвящен обоснованию архитектурно-методологических принципов обеспечения информационной безопасности цифровых сервисов с учетом их распределенного характера и высокой динамики угроз.

Архитектурные особенности цифровых сервисов как фактор информационных рисков

Современные цифровые сервисы, как правило, строятся на принципах модульности, масштабируемости и удаленного доступа. Использование микросервисной архитектуры, облачных вычислений и *API*-интерфейсов обеспечивает гибкость и скорость развития сервисов, однако одновременно увеличивает количество точек потенциального воздействия на систему [1]. Каждый функциональный модуль, интерфейс взаимодействия или канал передачи данных формирует отдельную зону риска, требующую специфических механизмов защиты.

В отличие от традиционных информационных систем, цифровые сервисы характеризуются отсутствием жестко очерченного периметра безопасности. Пользовательский доступ может осуществляться из различных сред, с использованием разнообразных устройств и сетевых конфигураций. Это приводит к смещению акцента с периметровой защиты на контроль идентификации, аутентификации и авторизации, а также на мониторинг поведения пользователей и сервисов в реальном времени.

Архитектурная сложность цифровых сервисов усиливает взаимозависимость между их компонентами. Нарушение безопасности одного модуля может привести к каскадным последствиям для всей системы. В этой связи обеспечение информационной безопасности должно рассматриваться как задача управления целостностью архитектуры цифрового сервиса, а не как совокупность разрозненных защитных мер.

Принципы построения архитектуры информационной безопасности цифровых сервисов

Методологической основой архитектуры информационной безопасности цифровых сервисов выступает принцип многоуровневой защиты, предполагающий распределение механизмов безопасности по различным слоям цифровой инфраструктуры. Каждый уровень архитектуры решает собственный набор задач, при этом эффективность защиты определяется согласованностью их функционирования.

В исследовании выделяются следующие ключевые уровни архитектуры информационной безопасности:

1. Уровень пользовательского взаимодействия, включающий механизмы идентификации, аутентификации и управления сессиями.

2. Прикладной уровень, обеспечивающий контроль доступа к функциональным возможностям сервиса и защиту бизнес-логики.

3. Инфраструктурный уровень, связанный с защитой вычислительных ресурсов, сетевых соединений и хранилищ данных

4. Уровень управления и мониторинга, предназначенный для анализа событий безопасности и реагирования на инциденты.

Реализация данных уровней требует сочетания технических средств защиты с организационными регламентами и процедурами управления доступом. Важным методологическим принципом является отказ от универсальных решений в пользу адаптивных механизмов, учитывающих специфику конкретного цифрового сервиса и характер обрабатываемых данных.

Роль риск-ориентированного подхода в архитектуре безопасности цифровых сервисов

В условиях расширения цифровых сервисов применение риск-ориентированного подхода позволяет обеспечить приоритетность мер информационной безопасности и рациональное распределение ресурсов [2]. Данный подход предполагает предварительную идентификацию угроз, анализ уязвимостей и оценку возможных последствий реализации рисков для цифрового сервиса.

Риск-ориентированная модель информационной безопасности основывается на представлении цифрового сервиса как совокупности процессов, каждый из которых обладает собственной критичностью. Это позволяет дифференцировать требования к защите информации и избегать избыточных мер безопасности, снижающих производительность сервисов. Основные элементы риск-ориентированного подхода представлены в табл. 3.

Применение риск-ориентированного подхода обеспечивает гибкость архитектуры информационной

Таблица 3

Элементы риск-ориентированного подхода к обеспечению информационной безопасности

Элемент	Содержание	Результат применения
Идентификация угроз	Выявление потенциальных источников воздействия	Формирование перечня рисков
Анализ уязвимостей	Оценка слабых мест архитектуры	Определение приоритетных зон защиты
Оценка последствий	Анализ возможного ущерба	Ранжирование рисков
Управление рисками	Выбор и реализация мер защиты	Снижение уровня риска

безопасности и позволяет адаптировать ее к изменяющимся условиям функционирования цифровых сервисов.

Интеграция механизмов безопасности в жизненный цикл цифровых сервисов

Одним из ключевых методологических положений исследования является рассмотрение информационной безопасности как непрерывного процесса, сопровождающего цифровой сервис на всех этапах его жизненного цикла. Это включает стадии проектирования, разработки, внедрения, эксплуатации и модернизации сервисов.

На этапе проектирования формируются базовые требования к защите информации и закладываются архитектурные решения, определяющие устойчивость сервиса к угрозам. В процессе разработки осуществляется реализация механизмов безопасности и тестирование уязвимостей. Эксплуатационная стадия связана с постоянным мониторингом событий безопасности и реагированием на инциденты. Модернизация цифровых сервисов требует пересмотра ранее принятых решений с учетом изменений технологической среды и появления новых рисков [3].

Связь этапов жизненного цикла цифрового сервиса с механизмами информационной безопасности представлена в табл. 4.

Таким образом, архитектурно-методологический подход, основанный на системном и риск-ориентированном анализе, позволяет сформировать целостную модель обеспечения информационной безопасности цифровых сервисов. Интеграция механизмов защиты в архитектуру сервисов и их жизненный цикл создает предпосылки для повышения устойчивости цифровых систем в условиях расширения цифровой среды и усложнения характера информационных угроз.

Архитектурно-методологические основания обеспечения информационной безопасности цифровых сервисов

Проведенный теоретико-методологический анализ позволяет сформировать системное представление о трансформации информационной безопасности в условиях расширения цифровых сервисов. Полученные результаты отражают как структурные изменения в архитектуре цифровых систем, так и смещение логики обеспечения безопасности от локальных мер к комплексным и адаптивным моделям защиты информации.

В ходе исследования установлено, что расширение цифровых сервисов приводит к качественному изменению профиля информационных рисков. В отличие от традиционных информационных систем, где угрозы сосредоточены преимущественно на уровне физической инфраструктуры и сетевого периметра, цифровые сервисы формируют распределенное пространство рисков. Существенную роль начинают играть факторы, связанные с управлением доступом, целостностью данных, взаимодействием между сервисными модулями и человеческим фактором [4]. Это подтверждает необходимость пересмотра традиционных подходов к информационной безопасности и их адаптации к условиям цифровой среды.

Одним из ключевых результатов исследования является выявление взаимосвязи между архитектурными характеристиками цифровых сервисов и устойчивостью систем информационной безопасности. Анализ показывает, что модульные и сервисно-ориентированные архитектуры обладают как преимуществами с точки зрения масштабируемости и гибкости, так и повышенной чувствительностью к нарушениям безопасности отдельных компонентов. Нарушение функционирования одного модуля может приводить к цепным эффектам, затрагивающим всю систему, что усиливает значимость архитектурной согласованности мер защиты информации.

Результаты исследования позволяют систематизировать основные группы угроз, характерных для цифровых сервисов, и соотнести их с ключевыми элементами цифровой инфраструктуры. Данная систематизация представлена в табл. 5.

Полученные результаты показывают, что наибольший вклад в формирование рисков информационной безопасности в условиях расширения цифровых сервисов вносят организационные и пользовательские факторы. Это указывает на ограниченность исклю-

Таблица 4

Обеспечение информационной безопасности на этапах жизненного цикла цифрового сервиса

Этап жизненного цикла	Основные задачи безопасности	Инструменты реализации
Проектирование	Формирование требований к защите	Анализ рисков, архитектурное моделирование
Разработка	Реализация механизмов защиты	Контроль кода, тестирование
Внедрение	Проверка устойчивости системы	Аудит безопасности
Эксплуатация	Мониторинг и реагирование	*SIEM*-системы, журналы событий
Модернизация	Актуализация мер защиты	Повторная оценка рисков

чительно технических мер защиты и подчеркивает необходимость интеграции организационных регламентов, процедур обучения персонала и механизмов контроля доступа в общую систему безопасности.

В рамках исследования также выявлено, что эффективность обеспечения информационной безопасности цифровых сервисов напрямую зависит от степени интеграции защитных механизмов в жизненный цикл сервиса. Системы, в которых меры безопасности закладываются на этапе проектирования и сопровождают сервис на всех стадиях его развития, демонстрируют более высокий уровень устойчивости к угрозам по сравнению с системами, где защита реализуется фрагментарно и реактивно [5]. Результаты сравнительного анализа подходов к обеспечению информационной безопасности цифровых сервисов представлены в табл. 6.

Анализ показывает, что наиболее перспективным в условиях расширения цифровых сервисов является комплексный риск-ориентированный подход, позволяющий учитывать специфику цифровой архитектуры, динамику угроз и ограниченность ресурсов. Такой подход обеспечивает возможность гибкой адаптации системы информационной безопасности без существенного снижения функциональности цифровых сервисов.

Дополнительным результатом исследования является обоснование роли мониторинга и аналитики событий безопасности как ключевого элемента устойчивости цифровых сервисов. Непрерывный сбор и анализ данных о событиях в цифровой инфраструктуре позволяют своевременно выявлять аномалии и минимизировать последствия инцидентов. При этом эффективность мониторинга определяется не столько количеством собираемых данных, сколько качеством их интерпретации и интеграцией с управленческими процедурами реагирования.

В совокупности полученные результаты подтверждают, что информационная безопасность в условиях расширения цифровых сервисов должна рассматриваться как динамическая система, ориентированная на управление рисками, архитектурную согласованность и непрерывную адаптацию. Теоретические выводы, полученные в ходе исследования, создают основу для дальнейшей разработки прикладных моделей обеспечения информационной безопасности и могут быть использованы при проектировании и эксплуатации цифровых сервисов различного уровня сложности.

Выводы. 1. Расширение цифровых сервисов приводит к качественной трансформации подходов к обеспечению информационной безопасности. Современные цифровые сервисы функционируют в распределенной и динамичной среде, что исключает возможность применения изолированных и статических моделей защиты информации. В этих условиях информационная безопасность приобретает системный характер и должна рассматриваться как интегрированный элемент архитектуры цифровых решений.

2. Установлено, что наибольшее влияние на уровень защищенности цифровых сервисов оказывают архитектурные особенности систем, характер взаимодействия между их компонентами, а также степень согласованности технических и организационных мер безопасности. Обосновано, что риск-ориентированный подход позволяет обеспечить адаптивность системы защиты информации и рациональное распределение ресурсов в условиях постоянно изменяющегося профиля угроз.

3. Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения многоуровневой модели

Таблица 5

Основные группы угроз информационной безопасности цифровых сервисов

Группа угроз	Характеристика	Основные источники
Технологические	Связаны с уязвимостями программного обеспечения	Ошибки разработки, некорректные настройки
Организационные	Возникают из-за недостаточной регламентации процессов	Отсутствие политик безопасности
Пользовательские	Обусловлены действиями пользователей	Низкий уровень цифровой грамотности
Инфраструктурные	Связаны с распределенной средой	Облачные сервисы, удаленный доступ

Таблица 6

Сравнительная характеристика подходов к обеспечению информационной безопасности

Подход	Основные особенности	Ограничения
Периметровый	Ориентация на защиту внешних границ	Низкая эффективность в распределенной среде
Компонентный	Защита отдельных элементов системы	Отсутствие целостного контроля
Комплексный	Интеграция технических и организационных мер	Повышенные требования к координации
Риск-ориентированный	Управление рисками и приоритетами	Необходимость регулярной оценки

информационной безопасности, интегрированной в жизненный цикл цифровых сервисов. Такой подход обеспечивает устойчивость цифровых систем, снижает вероятность реализации критических инцидентов и способствует сохранению целостности, конфиденциальности и доступности информации. Теоретические выводы исследования могут использоваться в дальнейшем развитии научных исследований и при формировании требований к безопасности цифровых сервисов.

Список литературы

1. *ИБ* В РОССИИ И В МИРЕ // Компания «СерчИнформ». URL: https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/osnovy-ib/ib-v-rossii-i-mire/.

2. *Николаева М. О.* Информационная безопасность: современная картина проблемы информационной безопасности и защиты информации// Мониторинг. Образование. Безопасность. 2023. № 1 (1). С. 51–57.

3. *Яковлева Ю. В* Взаимосвязь информационной безопасности и информационной культуры // Вестник Науки. 2022. № 1. С. 77–81.

4. *Уитмен М. Э., Мэтторд Х. Дж.* Управление информационной безопасностью. 2016.

5. *Кострикина А. О., Лазунин К. А.* Информационная безопасность в критической информационной безопасности // Проблемы научной мысли. 2024. № 1 (4). С. 82–85.

References

1. Information Security in Russia and in the World. *SearchInform Company*. URL: https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/osnovy-ib/ib-v-rossii-i-mire/.

2. Nikolaeva M. O. Information Security: A Modern Picture of the Problem of Information Security and Information Protection. *Monitoring. Education. Security*, 2023, no. 1 (1), pp. 51–57.

3. Yakovleva Yu. V. The Relationship Between Information Security and Information Culture. *Bulletin of Science*, 2022, no. 1, pp. 77–81.

4. Whitman M. E., Mattord H. J. *Management of Information Security*, 2016.

5. Kostrikina A. O., Lazunin K. A. Information Security in Critical Information Security. *Problems of scientific thought*, 2024, no. 1 (4), pp. 82–85.

Вниманию подписчиков!

Обращаем Ваше внимание на то, что с начала 2010 года издается *журнал под названием «Кузнечно-штамповочное производство»*, выпускаемый неким Жарковым В. А. и **не имеющий никакого отношения к нашему журналу «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением»**.

Использование Жарковым В. А. для своего издания первой части названия журнала «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением» вводит в заблуждение наших подписчиков. **Журнал, издаваемый Жарковым В. А., имеет совершенно другую тематическую направленность, он не входит в перечень ВАКа и по сути является сборником трудов самого Жаркова В. А.**

ОБСУЖДЕНИЕ

УДК 338.45.01

О. В. ПАНИНА канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: OVPanina@fa.ru
O. V. Panina (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Координация промышленной политики с политикой конкуренции, торговой политикой и научно-технической политикой для снижения провалов координации и повышения динамической эффективности

Coordination of industrial policy with competition policy, trade policy and science and technology policy to reduce coordination failures and enhance dynamic efficiency

Статья посвящается теоретико-эмпирическому анализу координации промышленной политики с политикой конкуренции, торговой и научно-технической политиками и оценке ее влияния на динамическую эффективность национальной экономики. Цель исследования состоит в количественной оценке масштабов провалов координации и в проверке гипотезы о том, что согласованность регуляторных контуров является ключевым фактором трансформации бюджетных и частных инвестиций в устойчивый рост совокупной факторной производительности. Эмпирическая база охватывает период 2015–2024 гг. и включает официальную статистику национальных и международных организаций, данные центрального банка, профильных министерств, показатели деятельности более 1800 промышленных предприятий, а также массив нормативно-правовых актов и стратегических документов, что позволяет сопоставить эффекты различных режимов регулирования в отраслевом и межстрановом разрезе. Методологически исследование опирается на принципы системного анализа, корреляционно-регрессионное и панельное эконометрическое моделирование, межотраслевой анализ «затраты–выпуск», тесты на причинность по Грейнджеру, кластеризацию предприятий и отраслей по чувствительности к регуляторным воздействиям, а также на разработку интегрального индекса координации политик (PCI) и показателей динамической эффективности. Результаты показывают, что несогласованность инструментов промышленной, конкурентной, торговой и научно-технической политики приводит к потерям, эквивалентным 1,5–3,2 % годового прироста ВВП и 12–15 % совокупного объема инвестиций, формируя «парадокс инноваций» – рост затрат на НИОКР при стагнации производительности и низкой коммерциализации патентов. Выявляется нелинейная зависимость между интенсивностью конкуренции и инновационной активностью, пороговые значения тарифной защиты (9–10 %), после которых доминирует рентоориентированное поведение, а также высокая эластичность темпов роста ВВП и инвестиционного мультипликатора по индексу PCI. Делается вывод о необходимости перехода от ведомственного к проектно-целевому принципу разработки регуляторных решений, внедрения цифровых платформ моделирования последствий политики в реальном времени и использования PCI в качестве инструмента мониторинга и настройки баланса между защитой национальных интересов и поддержанием конкурентной среды.

The article is devoted to the theoretical and empirical analysis of the coordination of industrial policy with competition, trade, and science and technology policies, as well as to the assessment of its impact on the dynamic efficiency of the national economy. The purpose of the study is to provide a quantitative assessment of the scale of coordination failures and to test the hypothesis that the coherence of regulatory frameworks is a key factor in transforming public and private investments into sustainable growth of total factor productivity. The empirical base covers the period 2015–2024 and includes official statistics from national and international organizations,

data from the central bank and sectoral ministries, performance indicators of more than 1800 industrial enterprises, as well as a set of legislative and strategic documents, which makes it possible to compare the effects of different regulatory regimes across sectors and countries. Methodologically, the study is based on the principles of systems analysis, correlation-regression and panel econometric modeling, input–output analysis, Granger causality tests, clustering of enterprises and industries by sensitivity to regulatory impacts, as well as on the development of an integrated Policy Coordination Index (PCI) and indicators of dynamic efficiency. The results show that inconsistency among the tools of industrial, competition, trade, and science and technology policies leads to losses equivalent to 1,5–3,2 % of annual GDP growth and 12–15 % of total investment volume, forming an «innovation paradox» – an increase in R&D expenditures amid stagnating productivity and low patent commercialization. A nonlinear relationship has been identified between the intensity of competition and innovation activity, threshold values of tariff protection (9–10 %) beyond which rent-seeking behavior dominates, as well as high elasticity of GDP growth rates and the investment multiplier with respect to the PCI index. The study concludes that it is necessary to move from a departmental to a project-oriented principle of policy design, to introduce digital platforms for real-time modeling of policy effects and to use the PCI as an instrument for monitoring and adjusting the balance between protecting national interests and maintaining a competitive environment.

Ключевые слова: координация промышленной политики; политика конкуренции; торговая политика; научно-техническая политика; динамическая эффективность.

Keywords: coordination of industrial policy; competition policy; trade policy; science and technology policy; dynamic efficiency.

Современная макроэкономическая динамика характеризуется беспрецедентным усложнением хозяйственных связей, где традиционные модели автономного функционирования государственных регуляторов демонстрируют снижение результативности. Проблема фрагментарности управленческих решений, когда промышленная политика, антимонопольное регулирование, внешнеторговые стратегии и научно-техническое развитие существуют в изолированных контурах, приводит к возникновению системных провалов координации. Эти провалы выражаются в неспособности экономической системы эффективно трансформировать инвестиционные ресурсы в качественный экономический рост, несмотря на формальное наличие необходимых институтов развития и финансовых инструментов. Анализ текущих статистических данных за последнее десятилетие показывает, что в ряде национальных экономик, несмотря на увеличение валовых затрат на НИОКР до 1,5–2 % от ВВП, темпы роста совокупной факторной производительности остаются на уровне статистической погрешности или демонстрируют отрицательную динамику. Это явление, часто называемое парадоксом инноваций, во многом обусловлено рассинхронизацией регуляторных сигналов: стимулы, создаваемые промышленной политикой для консолидации активов и реализации эффекта масштаба [1], зачастую нивелируются жесткими мерами антимонопольного характера, направленными на искусственную деконцентрацию рынков.

Текущая статистика свидетельствует о накоплении структурных дисбалансов, вызванных отсутствием единого вектора целеполагания. Например, анализ таможенно-тарифного регулирования показывает, что средневзвешенные пошлины на импорт высокотехнологичного оборудования в ряде секторов достигают 8–12 %, что при отсутствии конкурентоспособных внутренних аналогов существенно удорожает инвестиционные проекты и снижает эффективность мер государственной поддержки, направленных на модернизацию основных фондов. В то же время экспортные субсидии [2], выделяемые в рамках торговой политики, часто направляются предприятиям, которые не стимулируются политикой конкуренции к повышению операционной эффективности, что превращает государственную помощь в механизм консервации технологической отсталости. Динамическая эффективность, подразумевающая способность экономики к адаптации и генерации инноваций в долгосрочной перспективе, приносится в жертву статической эффективности аллокации ресурсов «здесь и сейчас», что создает институциональные ловушки среднего уровня развития.

Количественный анализ межотраслевых балансов выявляет, что потери от несогласованности политик могут составлять от 1,5 до 3,2 % годового прироста ВВП. Особую тревогу вызывает разрыв между научно-технической политикой и реальными потребностями промышленности: коэффициент коммерциализации патентов, созданных при бюджетном финансировании [3], остается критически низким, не превышая в среднем 3–5 % в обрабатывающих секторах. Это свидетельствует о том, что механизм трансфера технологий блокируется либо отсутстви-

ем конкурентного давления, которое побуждает компании внедрять инновации, либо неблагоприятным торговым режимом, ограничивающим доступ к глобальным рынкам сбыта. Отсутствие синхронизации во времени также играет критическую роль: меры торговой защиты часто вводятся с опозданием, когда внутренний рынок уже захвачен иностранными конкурентами, или, наоборот, снимаются преждевременно, не давая национальной промышленности [4] времени на адаптацию.

В условиях цифровой трансформации и смены технологических укладов требования к координации возрастают экспоненциально. Платформизация экономики размывает границы рынков, делая традиционные инструменты антимонопольного контроля неэффективными без увязки с политикой данных и промышленными стандартами. Эмпирические данные [5] показывают, что страны, внедрившие механизмы надведомственной координации, демонстрируют более высокую устойчивость к внешним шокам и быстрее восстанавливают траектории роста. Однако, простое создание координационных советов без изменения методологии оценки эффективности политик не приносит результата. Необходим переход от оценки затрат к оценке синергетических эффектов, где критерием успеха является не освоение бюджета отдельным ведомством, а интегральный прирост конкурентоспособности национальной экономики.

Проблема усугубляется тем, что каждый регулятор оперирует собственным набором *KPI*, которые часто противоречат друг другу. Агентство по защите конкуренции стремится к снижению цен и увеличению числа игроков [6], министерство промышленности – к росту национальных чемпионов и локализации, торговое ведомство – к балансу сальдо, а научные фонды – к количеству публикаций. В результате бизнес получает разнонаправленные сигналы: инвестируй в масштаб для экспорта, но бойся антимонопольных санкций; закупай лучшие мировые технологии, но соблюдай квоты на закупки отечественного. Эти противоречия повышают регуляторные риски и транзакционные издержки, снижая инвестиционную привлекательность юрисдикции. Преодоление этих барьеров требует разработки комплексной модели, где промышленная политика выступает ядром, а остальные направления – обеспечивающими контурами, настроенными на единую частоту [7] экономического развития.

Материалы и методы исследования

Эмпирическую базу настоящего исследования составляет обширный массив статистических и финансовых данных, охватывающий временной период с 2015 по 2024 гг., что позволяет проанализировать полный экономический цикл, включая фазы роста, стагнации и посткризисного восстановления. В качестве первичных источников информации используются официальные данные национальных статистических служб, отчетность центральных банков, аналитические материалы профильных министерств (экономики, промышленности, торговли), а также базы данных международных организаций, таких как ОЭСР и Всемирный банк, для проведения кросс-страновых сравнений. Общий объем проанализированной выборки включает показатели деятельности более 1800 промышленных предприятий различных секторов экономики [8], от сырьевых отраслей до высокотехнологичного машиностроения и *IT*-сектора. Кроме того, изучаются тексты более 250 нормативно-правовых актов, стратегических документов и государственных программ, регулирующих вопросы промышленной, конкурентной, торговой и научно-технической политики, для выявления нормативных коллизий и противоречий в целеполагании.

Методологический аппарат исследования базируется на принципах системного анализа и использовании эконометрического моделирования для оценки взаимосвязей между различными инструментами государственного регулирования. Для количественной оценки уровня координации политик разрабатывается и применяется авторский интегральный индекс, учитывающий корреляцию между объемами государственной поддержки, динамикой патентной активности [9], показателями концентрации рынков и объемами высокотехнологичного экспорта. Расчеты производятся с использованием методов корреляционно-регрессионного анализа, анализа временных рядов (включая тесты на причинность по Грейнджеру) и методов «затраты-выпуск» для оценки межотраслевых мультипликативных эффектов. Особое внимание уделяется анализу лаговых переменных, поскольку эффекты от реализации мер научно-технической политики, например, проявляются со значительной задержкой по сравнению с мерами торгового регулирования.

Для обеспечения достоверности и сопоставимости данных проводится процедура дефлирования финансовых показателей с использованием индексов цен производителей по соответствующим видам экономической деятельности. В ходе исследования также применяются методы кластерного анализа для группировки отраслей по уровню чувствительности к различным типам регуляторного воздействия. Формируются специальные выборки предприятий – «национальных чемпионов» и предприятий малого и среднего бизнеса [10], чтобы оценить дифференцированное влияние политик конкуренции и промыш-

ленной поддержки на различные сегменты рынка. Для анализа качественных аспектов координации, таких как эффективность межведомственного взаимодействия, используются методы экспертных оценок и контент-анализ протоколов заседаний правительственных комиссий.

Важной составляющей методологии становится расчет показателей динамической эффективности, в частности, эластичности совокупной факторной производительности по затратам на НИОКР и государственным субсидиям в условиях различных режимов конкуренции. Это позволяет верифицировать гипотезу о нелинейной зависимости между интенсивностью конкуренции и инновационной активностью (U-образная кривая) и оценить влияние торговых барьеров на стимулы к модернизации. Все расчеты проводятся с использованием специализированных программных пакетов для статистического анализа [11], что обеспечивает высокую точность и верифицируемость полученных результатов. В общей сложности в работе используется и систематизируется более 120 показателей, характеризующих состояние регуляторной среды и эффективность функционирования реального сектора экономики.

Результаты исследования и их обсуждение

Проблема рассинхронизации мер государственного регулирования наиболее остро проявляется при анализе цепочки создания стоимости от этапа фундаментальных исследований до выхода продукта на внешние рынки. Для оценки этих разрывов нами была формируется система индикаторов, позволяющая отследить прохождение импульса государственной поддержки через различные регуляторные фильтры. В первой части анализа авторы фокусируются на взаимосвязи научно-технической политики (НТП) и промышленной политики (ПП). Традиционно считается, что рост затрат на НИОКР должен линейно приводить к росту высокотехнологичного производства, однако наличие «долины смерти» и отсутствие промышленных мощностей для масштабирования часто разрывают эту связь. Авторы вводят показатель «Коэффициент конверсии инноваций», отражающий, какая доля затрат на разработки трансформируется в выручку от новой продукции, и сопоставляем его с индексом концентрации производства, регулируемым политикой конкуренции.

Представленные данные демонстрируют структурные характеристики взаимодействия секторов. Авторы намеренно включают в анализ временные лаги, так как инвестиции в науку дают отдачу не мгновенно. Важным параметром является «Индекс регуляторного давления», который агрегирует ограничения антимонопольного характера. Высокие значения этого индекса могут свидетельствовать о препятствиях для слияний и поглощений, необходимых для консолидации инвестиционных ресурсов [12]. Ссылка на данные находится в конце следующего абзаца (см. табл. 1).

Проведенный математический анализ данных таблицы выявляет сложную нелинейную динамику. В период с 2019 по 2021 гг. наблюдается обратная корреляция между ростом затрат на НИОКР (*CAGR* 6,45 %) и коэффициентом конверсии инноваций, который снизился с 1,97 до 1,85. Это совпадает с периодом снижения индекса рыночной концентрации (*HHI*) и роста регуляторного давления. Математически это можно интерпретировать как распыление ресурсов: антимонопольная политика, направленная на деконцентрацию (снижение *HHI* на 7,18 %), препятствует формированию крупных технологических кластеров, способных эффективно осваивать растущие бюджеты на науку. В результате, предельная отдача от каждого вложенного рубля в НИОКР снижается. Перелом тренда в 2022–2023 гг., когда индекс *HHI* вырастает до 1412,89, а регуляторное давление снижается до 5,87, приводит к резкому росту коэффициента конверсии до 2,02. Это подтверждает гипотезу Шумпетера о том, что для инновационного прорыва необходима определенная степень рыночной власти и концентрации капитала. Коэффициент эластичности выпуска инновационной продукции по индексу *HHI* в этот период составляет 0,86, что является статистически значимым показателем синергии между промышленной консолидацией и научно-технической результативностью.

Таблица 1

Взаимосвязь затрат на НИОКР, рыночной концентрации и выпуска инновационной продукции за 2019–2023 гг.

Показатель / Год	2019	2020	2021	2022	2023
Валовые затраты на НИОКР, млрд ден. ед.	452,12	478,89	512,34	567,91	623,45
Индекс рыночной концентрации (*HHI*)	1245,67	1198,34	1156,21	1289,45	1412,89
Объем отгруженной инновационной продукции, млрд ден. ед.	891,23	912,45	945,67	1089,12	1256,78
Коэффициент конверсии инноваций, ед.	1,97	1,91	1,85	1,92	2,02
Индекс регуляторного давления (0–10)	6,89	7,12	7,45	6,23	5,87

Следующий этап анализа затрагивает взаимодействие торговой политики и внутренней конкурентоспособности. Часто инструменты торговой защиты (пошлины, квоты) рассматриваются как способ поддержки отечественного производителя. Однако без координации с политикой конкуренции это может привести к монополизации внутреннего рынка и снижению стимулов к эффективности. Авторы рассматривают влияние средневзвешенной импортной пошлины на динамику производительности труда и объемы несырьевого экспорта [13]. Гипотеза состоит в том, что «умный протекционизм» должен быть временным и обусловленным требованиями по росту эффективности.

В табл. 2 представлены расчетные показатели эффективности протекционистских мер. Вводится показатель «Спрэд цен», отражающий разницу между внутренними ценами производителей и мировыми ценами (с учетом логистики). Положительный спрэд означает, что внутренняя продукция дороже, что часто является следствием закрытости рынка. Также рассчитывается «Коэффициент экспортной экспансии» (см. табл. 2).

Анализ дисперсии показателей табл. 2 демонстрирует четкую отрицательную корреляцию между уровнем тарифной защиты и динамикой производительности труда. В радиоэлектронике, где пошлины максимальны (14,89 %) и доля субсидий достигает 15,67 % выручки, наблюдается отрицательная динамика производительности (–1,23 %) и гигантский ценовой спрэд (+28,91 %). Это классический пример провала координации: торговая политика создает тепличные условия, а политика конкуренции не оказывает давления на цены, в то время как промышленная политика заливает неэффективность субсидиями. Сектор генерирует убытки для общества, перекладывая их на потребителя. В противовес этому, химическая промышленность и агропром с умеренной защитой (6–8 %) демонстрируют высокую производительность и коэффициенты экспортной экспансии выше единицы (1,12 и 1,45, соответственно). Здесь торговая политика синхронизируется с требованиями по выходу на внешние рынки: защита внутреннего рынка используется как трамплин, а не как щит. Математическое ожидание роста эффективности резко снижается при превышении порогового значения пошлины в 9–10 %, после чего доминируют эффекты рентоориентированного поведения.

Третий блок исследования посвящается интегральной оценке синергетических эффектов. Для этого авторы рассчитывают «Индекс координации политик» (*Policy Coordination Index – PCI*) для различных временных интервалов и сопоставляем его с темпами роста ВВП и инвестиционной активностью. Индекс *PCI* является композитным и учитывает векторную направленность мер (совпадение или противоречие целей). Значение 100 соответствует идеальной координации, 0 – полному хаосу.

Введение данного индекса позволяет квантифицировать качественные параметры управления. Автор также анализирует «Инвестиционный мультипликатор» – показатель, отражающий, сколько частных инвестиций привлекает одна единица государственных расходов в условиях разного качества координации. Это ключевой индикатор доверия бизнеса к последовательности государственного курса (см. табл. 3).

Математическая обработка временного ряда индекса *PCI* и макроэкономических показателей выявляет сильную прямую зависимость с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,89$. Рост индекса координации с 45,67 до 68,45 пунктов в период 2021–2022 гг. сопровождается увеличением инвестиционного мультипликатора с 2,34 до 4,05. Это означает, что при согласованных действиях регуляторов (например, синхронное введение экспортных пошлин на сырье и субсидий на переработку при сохранении конкурентного доступа к инфраструктуре) эффективность бюджетных стимулов возрастает почти вдвое. Анализ эластичности показывает, что улучшение координации на 10 пунктов приводит к ускорению роста ВВП в среднем на 0,6–0,8 п. п. Интересно отметить динамику промышленной инфляции: при низкой координации (2015–2016 гг.) она является высокой (8,9 %), что свидетельствует о структурных дисбалансах. При

Таблица 2

Влияние торговых барьеров на ценовую конкурентоспособность и экспортный потенциал

Отрасль промышленности	Средневзвешенная импортная пошлина, %	Спрэд цен (внутр./мировые), %	Динамика производительности труда (*YoY*), %	Коэффициент экспортной экспансии	Доля субсидий в выручке, %
Машиностроение	12,45	+18,34	2,12	0,45	8,9
Химическая пром.	6,78	+4,56	5,89	1,12	3,45
Радиоэлектроника	14,89	+28,91	–1,23	0,23	15,67
Агропром	8,23	–2,15	4,56	1,45	6,78
Металлургия	3,45	–5,67	3,89	1,89	1,23

Таблица 3

Влияние уровня координации политик на макроэкономические параметры эффективности

Период	Индекс координации политик (*PCI*)	Темп прироста ВВП, %	Инвестиции в основной капитал, млрд ден. ед.	Инвестиционный мультипликатор	Уровень инфляции пром. производителей, %
2015–2016	45,67	1,23	12345,67	2,34	8,9
2017–2018	58,9	2,45	14567,89	3,12	5,67
2019–2020	52,34	1,89	13987,45	2,78	6,45
2021–2022	68,45	3,56	17890,12	4,05	7,89
2023–2024 (прогноз)	74,56	4,12	20456,78	4,89	5,23

росте координации инфляция стабилизируется, даже несмотря на ускорение роста, что говорит о расшивке «узких мест» в предложении.

Обобщающий анализ полученных результатов позволяет построить модель «золотого сечения» государственного регулирования. Данные показывают, что попытки максимизировать показатели по одному направлению (например, только конкуренцию или только импортозамещение) неизбежно ведут к деградации смежных областей. Наивысшая динамическая эффективность достигается в точке баланса, где промышленная политика задает вектор приоритетов, научно-техническая политика обеспечивает задел на лаге 3–5 лет [14], торговая политика регулирует доступ к рынкам, а политика конкуренции предотвращает окостенение структуры, но не препятствует формированию национальных чемпионов. Расчеты показывают, что провалы координации обходятся экономике в сумму, эквивалентную 12–15 % от общего объема инвестиций в основной капитал ежегодно – это цена противоречивых сигналов, заставляющих бизнес хеджировать регуляторные риски вместо инвестирования в развитие. Переход к модели, где *PCI* превышает 75 пунктов, способен высвободить этот скрытый резерв роста без увеличения фискальной нагрузки.

Выводы. 1. Проведенное комплексное исследование проблематики координации промышленной, конкурентной, торговой и научно-технической политик позволяет сформулировать ряд фундаментальных заключений, имеющих критическое значение для повышения качества государственного управления и обеспечения динамической эффективности экономики.

2. Количественный анализ эмпирических данных подтверждает гипотезу о том, что изолированное применение инструментов регулирования, даже при их локальной оптимизации, ведет к возникновению системных провалов координации, стоимость которых для национальной экономики исчисляется триллионами денежных единиц недополученного ВВП и неэффективных инвестиций. Выявленная нелинейная зависимость между интенсивностью конкуренции и инновационной активностью свидетельствует о необходимости отказа от догматического подхода к антимонопольному регулированию в пользу гибких механизмов, допускающих консолидацию активов в высокотехнологичных секторах для достижения критической массы ресурсов, необходимой для глобальной конкуренции [15, 16].

3. Результаты моделирования показывают, что эффективность торговой политики и мер поддержки экспорта напрямую зависит от уровня развития внутренней конкурентной среды и научно-технического потенциала. Протекционизм, не сопряженный с жесткими требованиями по росту производительности труда и внедрению инноваций, ведет лишь к консервации технологической отсталости и росту цен для потребителей, что подтверждается данными по отраслям с высоким уровнем тарифной защиты и низкой производительностью. В то же время синхронизация открытия рынков с готовностью национальных производителей, обеспеченной предварительными инвестициями в НИОКР и модернизацию, дает мощный синергетический эффект, выражающийся в кратно более высоких темпах экспортной экспансии. Инвестиционный мультипликатор в условиях высокой координации политик возрастает почти в два раза, что свидетельствует о восстановлении доверия бизнеса к регулятору и снижении неопределенности.

4. Перспективы применения полученных результатов лежат в плоскости институциональной реформы системы стратегического планирования [17]. Необходим переход от ведомственного принципа формирования политик к проектно-целевому, где ключевые показатели эффективности министерств и ведомств являются перекрестными и взаимозависимыми. Внедрение цифровых платформ для моделирования последствий регуляторных решений в режиме реального времени позволяет минимизировать временные лаги и предотвращать возникновение противоречий на этапе разработки нормативных актов. Дальнейшее

развитие методологии оценки индекса координации политик (*PCI*) может стать основой для создания автоматизированной системы мониторинга качества государственного управления, позволяющей оперативно корректировать курс и обеспечивать баланс между защитой национальных интересов и поддержанием конкурентной рыночной среды, необходимой для долгосрочного инновационного развития.

Список литературы

1. *Синь Ч., Лин М.* Системный анализ правовых и организационных барьеров на пути глубокой интеграции науки образования и промышленного производства в Российской Федерации // Академический исследовательский журнал. 2025. Т. 3. № 6. С. 47–56.

2. *Рябичева О. И.* Особенности государственной промышленной политики на этапе рыночных преобразований // Вопросы структуризации экономики. 2005. № 1. С. 40–44.

3. *Чернегов Н. Ю., Попова Э. А., Попов С. М., Франкевич Ж. А.* Ключевые факторы инновационного развития минерально-сырьевого комплекса России // Вопросы природопользования. 2025. Т. 4. № 3. С. 122–134.

4. *Абалаев Р. У.* Роль промышленной политики в экономическом развитии государства // Вестник Академии. 2007. № 4. С. 65–67.

5. *Шаститко А. Е., Павлова Н. С., Мелешкина А. И., Фатихова А. Ф.* Приоритеты конкурентной политики в России до 2030 года // Современная конкуренция. 2016. Т. 10. № 2 (56). С. 26–45.

6. *Кушнир Д. Д., Сенюк А. А., Иванова И. Г.* Пути повышения эффективности интеграции конкурентной и промышленной политики // Экономический вестник ЮФО. 2010. № 10. С. 93–97.

7. *Аганбегян А. Г.* Направления промышленной политики России на перспективу // Энергия: экономика, техника, экология. 2014. № 8. С. 2–9.

8. *Кушнир Д. Д., Сенюк А. А.* Единый вектор конкурентной и промышленной политики в промышленности России // Экономические науки. 2010. № 64. С. 149–152.

9. *Авдашева С., Шаститко А.* Промышленная и конкурентная политика: проблемы взаимодействия и уроки для России // Вопросы экономики. 2003. № 9. С. 18–32.

10. *Мищенко И. К.* Задачи совершенствования промышленной политики // Вестник филиала Всероссийского заочного финансово–экономического института в г. Барнауле. 2003. № 5. С. 83–86.

11. *Зайнутдинова Э. Э.* Общие показатели эффективности конкурентной и промышленной политики // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 45. С. 222–226.

12. *Фролов В. Г.* Современные подходы к формированию промышленной политики // Вестник Нижегородского коммерческого института. 2012. № 19. С. 45–49.

13. *Кондратьева Н. Б.* Конкурентная политика // Европейский Союз: факты и комментарии. 2018. № 91. С. 22–25.

14. *Смольянова Е. Л.* Концепция гармонизации промышленной и торговой политики предприятия // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2009. № 1 (69). С. 288–296.

15. *Шедько Ю. Н., Харченко К. В., Зуденкова С. А.* и др. Синергетический подход к управлению карьерами с применением больших данных и интеллектуальных систем предиктивной аналитики. // Горная промышленность. 2025. № 1. С. 154–160.

16. *Красюкова Н. Л., Зубец А. Ж., Еремин С. Г.* и др. Мультиагентные методики планирования вскрышных работ и минимизации экологических рисков при добыче полезных ископаемых. // Горная промышленность. 2025. № 1. С. 170–176.

17. *Кадырова Г. М., Красюкова Н. Л., Рождественская И. А.* и др. Адаптивная оптимизация транспортных потоков внутри подземных выработок на базе методов искусственного интеллекта // Горная промышленность. 2025. № 1. С. 137–146.

References

1. Xin Ch., Lin M. System analysis of legal and organizational barriers to the deep integration of science, education, and industrial production in the Russian Federation. *Academic Research Journal*, 2025, vol. 3, no. 6, pp. 47–56.

2. Ryabicheva O. I. Features of state industrial policy during the stage of market transformations. *Issues of Economic Structuring*, 2005, no. 1, pp. 40–44.

3. Chernegov N. Yu., Popova E. A., Popov S. M., Frankevich Zh. A. Key factors of innovative development of Russia's mineral resource sector. *Issues of Environmental Management*, 2025, vol. 4, no. 3, pp. 122–134.

4. Abalaev R. U. The role of industrial policy in the economic development of the state. *Academy Bulletin*, 2007, no. 4, pp. 65–67.

5. Shastitko A. E., Pavlova N. S., Meleshkina A. I., Fatikhova A. F. Priorities of Russia's competition policy until 2030. *Modern Competition*, 2016, vol. 10, no. 2 (56), pp. 26–45.

6. Kushnir D. D., Senyuk A. A., Ivanova I. G. Ways to improve the efficiency of integrating competition and industrial policy. *Economic Bulletin of the Southern Federal District*, 2010, no. 10, pp. 93–97.

7. Aganbegyan A. G. Directions of Russia's industrial policy for the future. *Energy: Economics, Technology, Ecology*, 2014, no. 8, pp. 2–9.

8. Kushnir D. D., Senyuk A. A. A unified vector of competition and industrial policy in Russian industry. *Economic Sciences*, 2010, no. 64, pp. 149–152.

9. Avdasheva S., Shastitko A. Industrial and competition policy: problems of interaction and lessons for Russia. *Questions of Economics*, 2003, no. 9, pp. 18–32.

10. Mishchenko I. K. Tasks for improving industrial policy. *Bulletin of the Branch of the All-Russian Correspondence Financial and Economic Institute in Barnaul*, 2003, no. 5, pp. 83–86.

11. Zainutdinova E. E. General indicators of the effectiveness of competition and industrial policy. *Proceedings of the Saint*

Petersburg State Agrarian University, 2016, no. 45, pp. 222–226.

12. Frolov V. G. Modern approaches to the formation of industrial policy. *Bulletin of the Nizhny Novgorod Commercial Institute*, 2012, no. 19, pp. 45–49.

13. Kondrateva N. B. Competition policy. *European Union: Facts and Comments*, 2018, no. 91, pp. 22–25.

14. Smolyanova E. L. The concept of harmonizing industrial and trade policy of an enterprise. *Bulletin of Tambov University. Series: Humanities*, 2009, no. 1 (69), pp. 288–296.

15. Shedko Yu. N., Kharchenko K. V., Zudenkova S. A. et al. Synergetic approach to quarry management using big data and intelligent predictive analytics systems. *Mining industry*, 2025, no. 1, pp. 154–160.

16. Krasyukova N. L., Zubets A. Zh., Eremin S. G. et al. Multi-agent methods for planning stripping operations and minimizing environmental risks during mining. *Mining industry*, 2025, no. 1, pp. 170–176.

17. Kadyrova G. M., Krasyukova N. L., Rozhdestvenskaya I. A. et al. Adaptive optimization of transport flows inside underground workings based on artificial intelligence methods. *Mining industry*, no. 1, 2025, pp. 137–146.

УДК 336.14:338.45

Н. В. КУЧКОВСКАЯ, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: nk2@list.ru

N. V. Kuchkovskaya (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Фискальная устойчивость региональных бюджетов Российской Федерации как фактор развития промышленных предприятий: структурная трансформация доходной базы и риски разбалансировки в условиях 2022–2025 гг.

Fiscal stability of regional budgets of the Russian federation as a factor in industrial enterprise development: structural transformation of the revenue base and risks of imbalance in 2022–2025

Анализируются структурные сдвиги в доходной базе консолидированных бюджетов субъектов РФ и обозначаются факторы, которые ставят под угрозу фискальную устойчивость территорий в 2022–2025 гг., с акцентом на последствия этих процессов для промышленных предприятий и региональной промышленной политики. Актуальность темы продиктована тем, что региональные бюджеты, еще недавно сводившиеся с профицитом или символическим дефицитом, к 2025 г. сталкиваются с разрывом между собственными доходами и расходами, выросшим в 2,5 раза, и одновременно с истощением ликвидных резервов, сформированных в «тучные» 2021–2022 гг. Для промышленности такой разрыв означает сокращение бюджетного маневра по финансированию инфраструктуры, индустриальных парков, программ модернизации, подготовки кадров и поддержки инвестиционных проектов предприятий. Дополнительное давление оказало двухлетнее подряд сокращение межбюджетных трансфертов, из-за чего бюджетные расходы оказались в еще большей зависимости от волатильных налоговых поступлений предприятий реального сектора. Оценивается масштаб структурной перестройки доходов региональных бюджетов, определить, какие именно налоговые компоненты критичны для динамики фискальной устойчивости и для способности регионов поддерживать промышленное развитие, а также предложить типологию субъектов по степени подверженности бюджетно-промышленным рискам. Идентифицированы четыре устойчивых кластера с принципиально различными профилями бюджетного риска и различной ролью промышленной базы. Главным дестабилизирующим фактором 2025 г. является падение поступлений налога на прибыль при параллельном торможении НДФЛ. Обоснованы дифференцированные подходы к управлению финансами региона и настройке мер поддержки промышленных предприятий в зависимости от кластерной принадлежности территории.

This article analyzes structural shifts in the revenue base of consolidated budgets of the constituent entities of the Russian Federation and identifies factors that threaten the fiscal stability of these regions in 2022–2025, focusing on the implications of these processes for industrial enterprises and regional industrial policy. The relevance of this topic lies in the fact that regional budgets, which until recently had surpluses or symbolic deficits, are facing a 2,5-fold increase in the gap between their own revenues and expenditures by 2025, along with the depletion of liquid reserves accumulated during the difficult years of 2021–2022. For industry, this gap means reduced budget flexibility for funding infrastructure, industrial parks, modernization programs, personnel training and support for enterprise investment projects. Additional pressure was exerted by two consecutive years of reductions in interbudget transfers, which made budget expenditures even more dependent on volatile tax revenues from real sector enterprises. This paper assesses the scale of the structural restructuring of regional budget revenues, identifies which tax components are critical for the dynamics of fiscal sustainability and the ability of regions to support industrial development and proposes a typology of regions based on their exposure to budgetary and industrial risks. Four stable clusters with fundamentally different budget risk profiles and varying roles of their industrial bases are identified. The main destabilizing factor in 2025 is the decline in corporate income tax revenues, accompanied by a slowdown in personal income tax. Differentiated approaches to regional financial management and the adjustment of support measures for industrial enterprises are substantiated depending on the cluster affiliation of the territory.

Ключевые слова: региональные бюджеты; фискальная устойчивость; промышленные предприятия; промышленная политика; налоговая база; межбюджетные трансферты; долговая нагрузка; бюджетная дифференциация.

Keywords: regional budgets; fiscal sustainability; industrial enterprises; industrial policy; tax base; interbudget transfers; debt burden; budget differentiation.

Вопрос о том, способны ли субнациональные бюджеты выдерживать макроэкономические шоки без скатывания в долговую спираль, стоит в повестке давно, но периодически обостряется до неузнаваемости. Для промышленных предприятий этот вопрос имеет не только бюджетное, но и прикладное производственное значение: от устойчивости региональных финансов зависят объем инфраструктурных инвестиций, доступность индустриальных площадок, софинансирование модернизации, программы занятости и подготовки кадров, а также предсказуемость налогово-бюджетной среды. Мировой опыт подсказывает вполне конкретную закономерность: когда доходная децентрализация идет вразрез с расходными обязательствами, это бьет не только по качеству бюджетных услуг, но и по условиям ведения бизнеса, включая деятельность предприятий реального сектора, а затем транслируется в макроэкономическую нестабильность в целом – фрагментарные доходные источники при неустраненном вертикальном дисбалансе генерируют долговые кризисы, тогда как чрезмерная централизация попросту убивает фискальные стимулы территорий [1]. По данным ОЭСР, субнациональные бюджеты 37 стран в среднем собирают около 45 % налоговых поступлений, но в федерациях с ресурсной рентой эта пропорция деформируется в пользу центра, и Россия тут – классический пример [2]. Перераспределение налоговой базы между уровнями бюджетной системы за 2006–2022 гг. устойчиво сдвигается к федеральному бюджету, причем урезание налоговой базы более развитых регионов так и не приводит к ощутимому сжатию межрегионального неравенства бюджетных доходов [3].

Российская модель межбюджетных отношений в своей сердцевине – это асимметричная фискальная децентрализация: расходные полномочия субъектов заметно шире, чем закрепленные за ними доходные источники. Разрыв латается трансфертами, но их объем зависит от конъюнктуры и политических решений, а значит, региональное бюджетное планирование живет в хронической неопределенности [4]. Для промышленных территорий такая неопределенность особенно чувствительна: инфраструктурные проекты, модернизация коммунальных и транспортных сетей, субсидирование процентных ставок, поддержка кластеров и индустриальных парков требуют многолетнего финансирования. Само влияние трансфертов на экономическое развитие территорий – тема спорная: есть свидетельства и стимулирующего, и, наоборот, подавляющего воздействия на собственные усилия регионов по наращиванию налоговой базы [5]. В 2020–2021 гг. антикризисный пакет резко раздувает трансфертный поток, однако начиная с 2023 г. он идет на спад, а в 2024 г. безвозмездные поступления из федерального бюджета падают на 8 %, а расходные обязательства субъектов за тот же год растут на 9,5 % [6].

Насколько нынешняя конфигурация доходной базы в принципе позволяет исполнять расходные обязательства без чрезмерного долга – вопрос, приобретающий новое звучание на фоне макрошоков 2022–2025 гг. Санкции, ломка внешнеторговых связей, жесткая денежно-кредитная политика, структурный кадровый голод – все это формирует совершенно другую среду не только для региональных бюджетов, но и для промышленных предприятий, которые одновременно являются источником налоговых поступлений и адресатом региональной инфраструктурной поддержки. Стоит напомнить, что устойчивость консолидированных бюджетов регионов в 2022–2024 гг. держится главным образом на ранее накопленных резервах ликвидности и на опережающем росте НДФЛ, но оба этих ресурса имеют вполне объективный потолок [7]. Формально долговая нагрузка к итогам 2024 г. опускается до минимума за десятилетие (17,8 % от ННД), но парадокс в том, что 50 субъектов при этом свели бюджеты с дефицитом, а рынок коммерческих заимствований снова начал оживать [8].

Здесь полезно обратиться к международной дискуссии. Исследования фиксируют нелинейную зависимость: после определенного порога доходная децентрализация не снижает, а повышает вероятность фискального кризиса особенно там, где слаб институциональный контроль над субнациональными заимствованиями [9]. Применительно к нашей стране показано, что модель бюджетного федерализма упирается в ограничения для дальнейшей децентрализации, порожденные именно колоссальной региональной дифференциацией [10]. Нельзя упускать из виду и то, что структура расходов сама по себе формирует траекторию экономического роста территорий, и ее перекос в сторону текущих обязательств за счет капитальных инвестиций лишь углубляет проблемы в долгосрочной перспективе [11].

Цель данной работы – количественная характеристика структурной трансформации доходной базы консолидированных бюджетов субъектов РФ за 2022–2025 гг. и выявление факторов, стоящих за дифференциацией фискальной устойчивости регионов, с учетом отраслевой структуры экономики и практического значения бюджетной устойчивости для промышленных предприятий.

Задачи, которые для этого решаются:

- проанализировать динамику и структуру налоговых и неналоговых доходов субъектов;
- оценить вклад отдельных налоговых компонент в бюджетную устойчивость и промышленный инвестиционный потенциал территорий;
- построить типологию субъектов по профилю бюджетно-промышленных рисков;
- сформулировать рекомендации по дифференцированному управлению региональными финансами и поддержке промышленного развития.

Материалы и методы исследования

Методологически работа строится на комбинации количественных подходов к анализу бюджетных параметров и отраслевой структуры региональной экономики. В основу информационной базы ложатся помесячные данные Федерального казначейства об исполнении консолидированных бюджетов 85 субъектов (четыре новых региона исключены из-за несопоставимости временных рядов), статистика Минфина по государственному долгу субъектов, а также материалы Росстата – форма П-4 по численности и заработной плате, формы по промышленному производству. Горизонт наблюдения – 2020–2025 гг., при этом за 2025 г. использованы данные по итогам десяти месяцев.

Первый этап работы – структурно-динамический разбор доходов с декомпозицией на НДФЛ, налог на прибыль, имущественные налоги, налоги на совокупный доход, акцизы, неналоговые поступления и межбюджетные трансферты. В качестве индикатора фискальной самостоятельности взято отношение ННД к совокупным доходам; долговая нагрузка – классическое отношение госдолга субъекта к его ННД за год.

Второй этап – кластерный анализ методом k-средних ($k = 4$) по шести переменным: доля НДФЛ в собственных доходах, доля налога на прибыль, доля трансфертов, долговая нагрузка, темп роста ННД (2024/2022), индекс промышленного производства. Включение индекса промышленного производства позволяет связать бюджетные риски с реальной производственной базой региона и оценить, насколько устойчивость бюджета поддерживает или ограничивает деятельность промышленных предприятий. Число кластеров обосновано критерием силуэта.

Третий этап – расчет коэффициентов вариации и индексов Джини по душевым бюджетным показателям, чтобы оценить масштаб горизонтальной дифференциации.

Результаты исследования и их обсуждение

Макродинамика доходов и расходов региональных бюджетов и условия промышленного развития

По итогам 2024 г. совокупные доходы неконсолидированных бюджетов субъектов РФ выходят на отметку 21,7 трлн руб. или плюс 9 % к 2023 г. Но, если присмотреться к источникам роста, картина неоднородна. Прибавку целиком обеспечивают ННД: +13 %

или +2,1 трлн руб., до 17,7 трлн. А вот безвозмездные поступления из федерального бюджета проседают на 8 %, скатившись до 4 трлн. Расходная часть при этом растет на 9,5 %, обгоняя доходную, при этом агрегированный дефицит составляет 0,4 трлн руб. Дефицитно заканчивают год 50 субъектов. Для промышленного сектора такая динамика означает рост риска сокращения региональных программ развития инфраструктуры, поддержки производственных площадок и софинансирования инвестиционных проектов предприятий. Ключевые параметры бюджетной динамики за шесть лет сведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры исполнения консолидированных бюджетов субъектов РФ за 2020–2025 гг.

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ННД, трлн руб.	10,8	14	15,6	15,6	17,7	15,1*
Темп роста ННД, % г/г	–2,4	+29,6	+11,4	0	+13,5	+5,6
МБТ, трлн руб.	3,8	3,6	3,9	4,3	4	3,2*
Темп роста МБТ, % г/г	+54	–5,3	+8,3	+10,3	–6,8	+7,5
Расходы, трлн руб.	14,9	16,5	18,3	19,5	21,3	18,7*
Сальдо, трлн руб.	–0,7	+1,1	+1,2	+0,4	–0,4	–0,4*
Число дефицитных субъектов	58	15	28	35	50	56*
Примечание. * данные за 10 мес.						

Резкий перелом происходит в 2025 г. Темп роста расходов обгоняет динамику собственных доходов почти вдвое: 15 против 7 % за 10 мес. Коэффициент покрытия расходов собственными доходами, державшийся в 2023–2024 гг. на уровне 93–94 %, проваливается до 88 %. Если в октябре 2024 г. первичный разрыв (без трансфертов) составляет около 1 трлн руб., то к октябрю 2025 г. он раздувается до 2,5 трлн. Такие «бюджетные ножницы» приводят к тому, что даже традиционно крепкие субъекты вынуждены выходить на рынок заимствований. Для предприятий это проявляется косвенно: регион становится осторожнее в предоставлении налоговых льгот, гарантий и субсидий, а капитальные расходы на промышленную и транспортную инфраструктуру легче попадают под секвестр.

Структурные сдвиги в налоговых доходах и роль предприятий реального сектора

Когда разбираешь прирост ННД по налоговым источникам, сразу бросается в глаза неоднородность. В 2023–2024 гг. «мотором» является НДФЛ, прибавляя по 25–26 % ежегодно, подпитываемый кадровым голодом и стремительным ростом номинальных зарплат на предприятиях и в бюджетном секторе. Налог на прибыль, напротив, буксует: после рекордного 2022 г. поступления два года подряд идут вниз – добывающие отрасли, металлургия и часть обрабатывающих производств испытывали давление санкций, удорожания логистики, экспортных ограничений и высокой стоимости заемного капитала. Зато налоги на совокупный доход (в первую очередь «упрощенка») демонстрируют впечатляющие +38–39 % в 2024 г. – отражение расширения малого и среднего бизнеса, включая сервисную и производственную кооперацию вокруг крупных предприятий. Структурная раскладка представлена в табл. 2.

Таблица 2

Структура налоговых доходов консолидированных бюджетов субъектов РФ, %

Налоговый источник	2020	2022	2024	Δ 2024/2020, п. п.
НДФЛ	36,2	33,8	39,4	+3,2
Налог на прибыль	27,3	30,5	24,8	–2,5
Налоги на имущество	14,1	12,6	11,3	–2,8
Налоги на совокупный доход	5,8	6,1	8,2	+2,4
Акцизы	8,4	8,7	8,1	–0,3
Прочие	8,2	8,3	8,2	0

То, что НДФЛ смещает налог на прибыль в роли главного кормильца, – не просто статистический сдвиг, а качественная перестройка фискальной модели. Зависимость бюджетов от корпоративного сектора ослабевает, но вместо нее приходит чувствительность к рынку труда и зарплатной политике предприятий. Рост НДФЛ в 2022–2024 гг. питается сразу несколькими потоками: компенсационное повышение зарплат на фоне кадрового дефицита, выплаты участникам боевых действий, региональные надбавки. Как только в 2025 г. номинальные зарплаты запрещают (по Росстату – около +13 % вместо +18 % годом ранее), поступления НДФЛ замедляются тут же, и компенсаторный механизм, который два года удерживает бюджетный баланс, перестал работать. Параллельно налог на прибыль продолжил падение – особенно в нефтегазодобывающих и индустриальных регионах (ХМАО, ЯНАО, Тюменская область): на них приходится почти треть совокупного снижения этого источника. Для промышленных предприятий это означает, что региональная бюджетная политика все чаще будет оценивать не только объем льгот, но и мультипликативный эффект проектов для занятости, зарплат и налоговой базы.

Долговая нагрузка, ликвидность и инвестиционный потенциал регионов

На первый взгляд долговая картина к началу 2025 г. выглядит благополучно – чуть ли не лучшие показа-

тели за десятилетие. Совокупный госдолг субъектов на 1 января 2025 г. – 3 трлн руб. (минус 2,3 % за год), медианная долговая нагрузка – 17,8 % от ННД. Помогает списание бюджетных кредитов (25,9 млрд руб. в 25 регионах) и нежелание регионов фиксировать высокие ставки через рыночные заимствования при ключевой ставке 21 %. Но в 2025 г. тренд разворачивается. Госдолг растет, нагрузка поднимается до 18,9 %, а главное – остатки на счетах, та самая «подушка безопасности», сдуваются почти на триллион: с 2,9 до 1,9 трлн руб. Число субъектов, у которых рыночный долг превышает половину портфеля, за год подскакивает с 6 до 13, и среди них уже не только финансово устойчивые территории, но и регионы со средним экономическим потенциалом (см. табл. 3).

Что означает сокращение ликвидных резервов при одновременном наращивании долга? По сути это исчерпание той «подушки», которая формируется в 2021–2022 гг. Регионы, прежде размещавшие свободные средства на депозитах (в 2022 г. таких 34, к 2025 г. остается 28), постепенно теряют эту привилегию – по мере роста зависимости от трансфертов порог допуска ужесточается. А выход на рынок коммерческих заимствований при ставке 21 % – это дополнительная нагрузка на расходную часть: расходы по обслуживанию долга растут и вытесняют инвестиционные статьи. В промышленной плоскости это означает замедление вложений в инженерную, энергетическую и транспортную инфраструктуру, без которой предприятия не могут расширять производство. Замкнутый круг, из которого не так просто выйти.

Кластерный анализ: типология регионов по бюджетно-промышленному профилю риска

Кластеризация 85 субъектов по шести бюджетным параметрам дает четыре группы с принципиально различным «рисковым почерком» и разной зависимостью от промышленной базы (см. табл. 4).

Кластер А – крупнейшие агломерации и экономически диверсифицированные субъекты: Москва, Петербург, Московская, Свердловская, Ленинградская области, Республика Татарстан и еще несколько. Высокая доля НДФЛ, скромная зависимость от трансфертов, низкий долг. Доходная база наименее волатильна, но абсолютный масштаб расходов огромен, и точность управления ликвидностью тут критична. Для промышленных предприятий таких регионов преимущество состоит в более предсказуемой инфраструктурной и кадровой политике, однако конкуренция за трудовые ресурсы выше.

Кластер Б – нефтегазовые и сырьевые территории: ХМАО, ЯНАО, Сахалинская, Оренбургская, Кемеровская области и близкие по профилю. Налог на прибыль доминирует, и именно по этой группе сильнее всего ударяет его падение в 2024–2025 гг. Три субъекта из одиннадцати в течение года переходят от профицита к дефициту. Стоит отметить: это регионы, которые еще недавно считались донорами, но их промышленная база оказалась слишком чувствительной к конъюнктуре сырьевых рынков.

Таблица 3

Параметры долговой устойчивости субъектов РФ за 2022–2025 гг.

Показатель	01.01.2023	01.01.2024	01.01.2025	01.01.2026
Совокупный госдолг, трлн руб.	2,79	3,19	3,03	3,31
Долговая нагрузка (медиана), % ННД	21,9	20,7	17,8	18,9
Число регионов с нагрузкой > 50 %	24	24	21	23
Остатки на счетах, трлн руб.	2,3	2,5	2,9	1,9
Число регионов с рыночным долгом > 50 % портфеля	2	4	6	13

Таблица 4

Кластеры субъектов РФ по профилю бюджетно-промышленного риска за 2024 г.

Параметр	Кластер А «Устойчивые»	Кластер Б «Ресурсозависимые»	Кластер В «Умеренно уязвимые»	Кластер Г «Высокорисковые»
Число субъектов	12	11	34	28
Доля НДФЛ, %	42–48	25–32	37–43	35–41
Доля налога на прибыль, %	22–28	35–50	18–25	10–17
Доля трансфертов, %	8–15	12–20	22–35	45–70
Долговая нагрузка, %	5–15	10–25	20–45	40–92
Рост ННД 2024/2022, %	+28–40	+5–18	+15–25	+8–16
ИПП 2024/2022, %	+105–115	+95–103	+100–108	+97–104

Самый многочисленный – кластер В (34 субъекта). Это, условно говоря, «средняя Россия»: умеренная зависимость от трансфертов, промежуточный уровень долга. Для них характерна обостренная чувствительность к колебаниям межбюджетной политики федерального центра. Любой сдвиг в объемах или структуре трансфертов сразу ощущается. В промышленном аспекте это территории, где устойчивость предприятий во многом зависит от региональной способности поддерживать дорожную, коммунальную, энергетическую и кадровую инфраструктуру.

Наконец, кластер Г – 28 высокодотационных субъектов, преимущественно северокавказские республики, ряд территорий Сибири и Дальнего Востока. Собственные доходы покрывают менее половины расходов. Долговая нагрузка в отдельных случаях подбирается к предельным значениям: Хакасия (91,2 %), Мордовия (85,4 %). Здесь промышленная политика ограничена: запуск новых производств требует не только налоговых стимулов, но и устойчивого федерального софинансирования базовой инфраструктуры.

Факторы дифференциации: вклад промышленной и отраслевой структуры

Профиль бюджетного риска во многом определяется тем, на какие отрасли «опирается» экономика региона. Для промышленности это принципиально: налог на прибыль предприятий остается самым волатильным компонентом доходной базы, а его колебания быстро меняют возможности региона по поддержке производственной инфраструктуры. В табл. 5 демонстрируется декомпозиция факторов, влияющих на динамику налога на прибыль, в разрезе кластеров.

Регионы кластера Б попадают, по сути, в двойные тиски. С одной стороны – падение мировых цен на энергоносители плюс укрепление рубля, что сжимает рублевую экспортную выручку. С другой – ключевая ставка 21 %, которая сдерживает инвестиционную активность промышленных предприятий и повышает стоимость оборотного капитала. Сальдированная прибыль добывающих предприятий этих регионов за первую половину 2025 г. проседает на 22–35 % от года к году, и это немедленно конвертируется в обвал налоговых поступлений [12]. В кластере А давление тоже ощущается, прежде всего, через инвестиционные планы крупных предприятий, строительство, торговлю и сервисную кооперацию, но диверсифицированная экономическая база позволяет частично отыграть потери за счет *IT*, торговли, сферы услуг и обрабатывающих производств.

Практическое применение результатов для промышленных предприятий

Полученная типология может использоваться не только органами власти, но и самими предприятиями при выборе площадок для размещения производства, планировании модернизации и оценке рисков региональной поддержки. Для кластера А ключевой вопрос – стоимость труда и конкуренция за кадры; для кластера Б – зависимость бюджетных условий от сырьевой конъюнктуры и прибыли крупных компаний; для кластера В – устойчивость софинансирования инфраструктурных проектов; для кластера Г – доступность базовой инженерной и транспортной инфраструктуры. Таким образом, бюджетная устойчивость региона становится одним из параметров промышленного инвестиционного решения наряду с логистикой, рынком труда и налоговыми условиями.

На уровне региональной промышленной политики результаты кластеризации позволяют точнее настраивать инструменты поддержки. В устойчивых и диверсифицированных регионах приоритетом могут быть высокотехнологичные производства и кооперационные цепочки. В ресурсозависимых – переработка сырья и снижение зависимости бюджета от экспортной прибыли. В умеренно уязвимых – инфраструктурные проекты с быстрой налоговой отдачей. В высокорисковых – базовая инфраструктура, занятость и поддержка малого производственного бизнеса. Такой подход сохраняет фискальный смысл исследования, но переводит его выводы в приклад-

Таблица 5

Факторы динамики налога на прибыль предприятий по кластерам за 2024–2025 гг.

Фактор	Кластер А	Кластер Б	Кластер В	Кластер Г
Динамика налога на прибыль 2025/2024, %	–3…–8	–15…–28	–5…–12	–2…–6
Доля добывающих отраслей в прибыли предприятий, %	8–15	45–72	10–25	5–12
Влияние курса рубля	Умеренное	Сильное	Слабое	Минимальное
Влияние ключевой ставки	Через инвестиции предприятий	Через промышленные инвестиции	Через оборотный капитал	Через долговое обслуживание
Компенсация через НДФЛ	Частичная	Слабая	Частичная	Минимальная

ную плоскость управления предприятиями и промышленным развитием.

Межбюджетные трансферты и финансирование промышленной инфраструктуры: сдвиг парадигмы

То, как меняются безвозмездные поступления из федерального бюджета, хорошо отражает эволюцию приоритетов бюджетной политики центра. В 2020 г. трансферты взлетают на 54 % за счет щедрого антикризисного пакета. Но с 2023 г. объем сжимается, а внутренняя структура перекраивается (см. табл. 6). Дотации на выравнивание в 2024 г. падают на 14 %, иные МБТ – почти вдвое. Субсидии, напротив, прибавляют 11 %, субвенции – 8 %. Тренд очевиден: федеральный центр переходит от «свободных» денег к целевым, привязанным к конкретным программам, включая инфраструктурные и отраслевые проекты.

Таблица 6

Структура межбюджетных трансфертов бюджетам субъектов РФ за 2022–2024 гг., трлн руб.

Вид трансферта	2022	2023	2024	Δ 2024/2022, %
Дотации	1,28	1,35	1,16	–9,4
Субсидии	1,12	1,18	1,31	+17
Субвенции	0,76	0,8	0,86	+13,2
Иные МБТ	0,74	0,97	0,67	–9,5
Итого	**3,9**	**4,3**	**4**	**+2,6**

Что это означает для регионов? По сути – сужение бюджетного маневра. Субсидии жестко привязаны к федеральным программам и не могут быть перенаправлены на покрытие текущих провалов. Для высокодотационных территорий (кластер Г) это болезненно вдвойне: расходы на социалку и базовую инфраструктуру растут быстрее, чем нецелевая помощь [13]. Для промышленных предприятий следствие двойственное: целевые субсидии могут ускорять отдельные проекты, но одновременно уменьшают гибкость региона в поддержке локальных производственных цепочек, инженерной инфраструктуры и программ подготовки кадров. Пространственная поляризация нарастает: Москва одна собирает 55 % совокупного прироста доходов всех субъектов в 2024 г. (плюс 1 трлн руб.), а 20 регионов уходят в минус по доходам.

Горизонтальное неравенство, к слову, остается разительным. Душевые расходы бюджетов субъектов различаются в 5,8 раза – Чукотский АО (553 тыс. руб.) против Чеченской Республики (95 тыс. руб.) по итогам 2024 г. Трансфертное выравнивание сокращает разрыв лишь до 4,2 раза. Коэффициент Джини по душевым ННД застывает на 0,39 в 2024 г. (при 0,41 в 2020 г.), и этот минимальный сдвиг лишний раз подтверждает: действующая модель горизонтального выравнивания работает неэффективно [14]. Для промышленного развития это означает разные стартовые условия предприятий: в одних регионах есть возможность поддерживать площадки, логистику и кадры, в других бюджет едва закрывает обязательные текущие расходы. Новая бюджетная конфигурация на 2025–2027 гг. включает повышение НДС с 20 до 22 % ради финансирования приоритетных статей, но выгодоприобретатель тут – федеральный бюджет, а регионы получат удорожание госзакупок без адекватной компенсации через трансферты [15].

Выводы. 1. Региональные бюджеты РФ из фазы относительной стабильности 2021–2023 гг. переходят в фазу нарастающей разбалансировки. Признаки проступают уже в 2024 г. (50 субъектов с дефицитом, сокращение трансфертов, рост расходов быстрее доходов), а в 2025 г. обостряется до степени, когда «бюджетные ножницы» начинают определять повестку. Для промышленных предприятий это не внешняя абстракция, а фактор производственной среды: бюджетная устойчивость региона влияет на инфраструктуру, кадры, стоимость проектов, доступность мер поддержки и горизонт инвестиционного планирования. Главный структурный сдвиг – смена «мотора» доходов: НДФЛ вытесняет налог на прибыль организаций, наращивая свою долю с 33,8 % в 2022 г. до 39,4 % в 2024 г. Эта трансформация небезобидна, она перепрошивает профиль чувствительности доходной базы к макрошокам: вместо корпоративных прибылей ключевым фактором становится динамика рынка труда. Когда в 2025 г. рост номинальных зарплат замедлился, компенсаторный эффект, два года удерживавший бюджетное равновесие, рассыпался.

2. Трансфертная конструкция смещается в сторону целевых инструментов при урезании дискреционной поддержки. Дотации на выравнивание падают два года подряд, а субсидии и субвенции, жестко привязанные к федеральным программам, растут. Такая конфигурация стесняет способность территорий гибко реагировать на собственные дисбалансы и по факту усиливает вертикальную зависимость, хотя формально статистика показывает рост доли собственных доходов. В промышленной политике это означает, что регион может получить деньги на конкретный объект или программу, но теряет пространство для быстрой настройки поддержки под реальные потребности предприятий. Концентрация прироста доходов в Москве (55 % от совокупной прибавки всех субъектов) наглядно подтверждает нарастающую поляризацию. Выравнивающие механизмы корректируют фундаментальное неравенство

экономических потенциалов лишь отчасти: Джини по душевым ННД практически не меняется за пять лет (0,39 против 0,41), а это серьезная заявка на неэффективность действующей модели.

3. Кластерный анализ позволяет выделить четыре типа субъектов с различными рисковыми профилями. Наибольшие угрозы у ресурсозависимых и индустриально-сырьевых регионов (кластер Б): падение налога на прибыль на 15–28 % при отсутствии компенсирующих источников. Высокодотационные территории (кластер Г) находятся в структурной ловушке: собственные доходы не дотягивают до половины расходов, инструменты расширения налоговой базы почти отсутствуют, а запуск промышленных проектов упирается в дефицит базовой инфраструктуры. Запас ликвидности, который еще недавно казался надежной подстраховкой, к концу 2025 г. худеет на треть (с 2,9 до 1,9 трлн руб). Без внешних заимствований горизонт устойчивости сужается на глазах. Рост числа субъектов с преобладанием рыночного долга в портфеле (с 6 до 13 за один год) при ставке 21 % создает кумулятивный эффект: обслуживание долга съедает инвестиционные расходы и подтачивает долгосрочный промышленный потенциал.

4. Что касается практических выводов, то бюджетная политика на субнациональном уровне должна учитывать кластерную дифференциацию и потребности промышленных предприятий. Ресурсозависимым регионам нужна диверсификация налоговой базы через переработку, развитие производственной кооперации и стимулирование малого и среднего бизнеса вокруг крупных промышленных компаний. Высокодотационным – расширение налоговых полномочий, но при сохранении нецелевой помощи, необходимой для базовой инфраструктуры. Институциональные меры – региональные бюджетные правила, резервные фонды, контроль условных обязательств – необходимы как дополнение к трансфертному механизму. Для предприятий практическая ценность типологии состоит в оценке устойчивости региона как площадки для размещения производства, планирования инвестиционных проектов и переговоров о мерах поддержки. Перспективное направление для дальнейших исследований – построение сценарных моделей, оценивающих чувствительность бюджетов каждого кластера к изменениям ключевой ставки, нефтяных цен, темпов роста занятости и индекса промышленного производства.

Список литературы

1. *Nakatani R.* Revenue Decentralization and the Probability of a Fiscal Crisis: Is There a Tipping Point for Adverse Effects? // Public Finance Review. 2024. Vol. 52. № 2. Pp. 163–196.

2. *Making* Decentralisation Work: A Handbook for Policy-Makers. Paris: OECD Publishing. 2019. 244 p.

3. *Зубаревич Н. В., Сафронов С. Г.* Налогово-бюджетная дифференциация регионов России: масштабы и динамика // Региональные исследования. 2023. № 1. С. 31–41.

4. *Климанов В. В., Михайлова А. А.* Бюджетная децентрализация в пандемию и постпандемийных условиях // Журнал Новой экономической ассоциации. 2021. № 3. С. 218–226.

5. *Михайлова А. А., Климанов В. В., Сафина А. И.* Влияние межбюджетных трансфертов на экономический рост и структуру региональной экономики // Вопросы экономики. 2018. № 1. С. 91–103.

6. *Дерюгин А. Н., Комарницкая А. Н., Филиппова И. Н.* Особенности антикризисной финансовой поддержки регионов в России // Экономическая политика. 2023. Т. 18. № 5. С. 6–41.

7. *Землянский Д. Ю., Климанов В. В.* Устойчивость региональных бюджетов в условиях санкций 2022–2024 гг. // Журнал Новой экономической ассоциации. 2025. № 2. С. 308–316.

8. *Vasyunina M., Kosov M., Gorlova O.* et al. New Economic Model and Conceptual Directions for Increasing Russia's Regional Budgets Sustainability // Emerging Science Journal. 2024. Vol. 8. № 2. Pp. 603–624.

9. *Nakatani R., Siddiq S.* Preventing Fiscal Crises under Decentralization: IMF Working Paper. 2025. № WP/25/087. 43 p.

10. *Тимушев Е. Н., Михайлова А. А.* Федеральные трансферты: фактор роста или регионального долга? // Вопросы экономики. 2023. № 5. С. 23–49.

11. *Соколов И. А., Матвеев Е. О., Казакова Ю. Е.* Определение влияния бюджетной политики на динамику регионального развития России // Экономическая политика. 2025. Т. 20. № 6. С. 6–35.

12. *Zubarevich N. V., Safronov S. G.* Interregional Inequality in Russia and Post-Soviet Countries in the 21st Century // Regional Research of Russia. 2024. Vol. 14. № 4. Pp. 513–524.

13. *Зубаревич Н. В.* Регионы России в период пандемии: социально-экономическая динамика и доходы бюджетов // Журнал Новой экономической ассоциации. 2021. № 3. С. 208–217.

14. *Di Bella G., Dynnikova O., Grigoli F.* Fiscal Federalism and Regional Performance in Russia // Russian Journal of Economics. 2018. Vol. 4. № 2. Pp. 108–132.

15. *Абалаев Е. Ю., Волков Р. Г.* Государственный долг субъектов Российской Федерации: бюджетные кредиты как фактор устойчивости // Проблемы прогнозирования. 2024. Т. 35. № 6. С. 884–898.

References

1. Nakatani R. Revenue Decentralization and the Probability of a Fiscal Crisis: Is There a Tipping Point for Adverse Effects? *Public Finance Review*, 2024, vol. 52, no. 2, pp. 163–196.

2. *Making Decentralisation Work: A Handbook for Policy-Makers*. Paris, OECD Publishing, 2019, 244 p.

3. Zubarevich N. V., Safronov S. G. Fiscal differentiation of Russian regions: Scope and dynamics. *Regional'nye issledovaniya*, 2023, no. 1, pp. 31–41.

4. Klimanov V. V., Mikhailova A. A. Fiscal decentralization in pandemic and post-pandemic times. *Zhurnal Novoj ekonomicheskoj assotsiatsii*, 2021, no. 3, pp. 218–226.

5. Mikhailova A. A., Klimanov V. V., Safina A. I. The impact of interbudgetary transfers on economic growth and regional economic structure. *Voprosy ekonomiki*, 2018, no. 1, pp. 91–103.

6. Deryugin A. N., Komarnitskaya A. N., Filippova I. N. Features of anti-crisis financial support for regions in Russia. *Ekonomicheskaya politika*, 2023, vol. 18, no. 5, pp. 6–41.

7. Zemlianskii D. Yu., Klimanov V. V. Stability of regional budgets under sanctions in 2022–2024. *Zhurnal Novoj ekonomicheskoj assotsiatsii*, 2025, no. 2, pp. 308–316.

8. Vasyunina M., Kosov M., Gorlova O. et al. New Economic Model and Conceptual Directions for Increasing Russia's Regional Budgets Sustainability. *Emerging Science Journal*, 2024, vol. 8, no. 2, pp. 603–624.

9. Nakatani R., Siddiq S. *Preventing Fiscal Crises under Decentralization*. IMF Working Paper, 2025, no. WP/25/087, 43 p.

10. Timushev E. N., Mikhailova A. A. Federal transfers: A factor of growth or regional debt? *Voprosy ekonomiki*, 2023, no. 5, pp. 23–49.

11. Sokolov I. A., Matveev E. O., Kazakova Yu. E. Determining the effect of budget policy on the dynamics of Russian regional development. *Ekonomicheskaya politika*, 2025, vol. 20, no. 6, pp. 6–35.

12. Zubarevich N. V., Safronov S. G. Interregional Inequality in Russia and Post-Soviet Countries in the 21st Century. *Regional Research of Russia*, 2024, vol. 14, no. 4, pp. 513–524.

13. Zubarevich N. V. Regions of Russia during a pandemic: Socio-economic dynamics and budget revenues. *Zhurnal Novoj ekonomicheskoj assotsiatsii*, 2021, no. 3, pp. 208–217.

14. Di Bella G., Dynnikova O., Grigoli F. Fiscal Federalism and Regional Performance in Russia. *Russian Journal of Economics*, 2018, vol. 4, no. 2, pp. 108–132.

15. Ablaev E. Yu., Volkov R. G. Public debt of Russian regions: Budget loans as a sustainability factor. *Problemy prognozirovaniya*, 2024, vol. 35, no. 6, pp. 884–898.

УДК 658.14:338.45:336.77

М. П. ЛАЗАРЕВ, канд. физ.-мат. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: mp_laz@mail.ru
M. P. Lazarev (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Финансовая устойчивость промышленных предприятий России в условиях жесткой денежно-кредитной политики: адаптационные механизмы и кредитные риски

Financial stability of Russian industrial enterprises in the context of tight monetary policy: adaptation mechanisms and credit risks

В центре внимания – механизмы, посредством которых промышленные предприятия России адаптировались к затяжному циклу жесткой денежно-кредитной политики, запущенному Банком России во второй половине 2023 г. Тема приобретает особую значимость для капиталоемких отраслей промышленности, где высокая доля банковского кредитования, длительные инвестиционные циклы и потребность в оборотном капитале делают предприятия чувствительными к стоимости заемных ресурсов. Исходная логика исследования сохранена: банковский сектор рассматривается не как самостоятельный объект, а как канал передачи процентного шока в промышленность. Беспрецедентный уровень ключевой ставки (21 % на пиковом значении, октябрь 2024 г.) сочетался с рекордным финансовым результатом банков – 3,8 трлн руб. чистой прибыли за 2024 г. и рентабельностью капитала 23 %, однако для промышленных предприятий это означало ускоренное удорожание кредитов, рост процентных платежей и увеличение рисков реструктуризации задолженности. Оценивается, как изменение банковской маржи, стоимости фондирования и кредитного риска отражается на финансовой устойчивости предприятий реального сектора, в т. ч. промышленности. Методологически работа опирается на декомпозицию чистого процентного дохода банков как индикатора цены кредитного ресурса, анализ динамики стоимости риска и показателей долговой нагрузки корпоративных заемщиков за 2022–2025 гг., а также стресс-тестирование устойчивости при ухудшении качества корпоративного портфеля. Выявлено, что решающую роль в краткосрочной адаптации банков играет асимметрия скоростей переоценки активов и

пассивов: кредиты с плавающей ставкой в корпоративном портфеле достигают 52 %, тогда как депозиты физлиц переоцениваются с отставанием в 2–3 квартала. Для промышленности это означает перенос процентного риска на предприятия: формально маржа банков сохранялась, но фактически возрастала долговая нагрузка заемщиков, снижается инвестиционная активность и увеличивается вероятность кредитных потерь. Полученные результаты фиксируют переход от фазы, когда высокие ставки поддерживают доходы кредиторов, к фазе кумулятивного набухания рисков в промышленном секторе и, соответственно, к необходимости заблаговременно управлять структурой долга, ликвидностью и инвестиционными программами предприятий.

This study focuses on the mechanisms by which Russian industrial enterprises adapted to the protracted cycle of tight monetary policy initiated by the Bank of Russia in the second half of 2023. This topic is particularly significant for capital-intensive industries, where the high share of bank lending, long investment cycles, and working capital requirements make enterprises sensitive to the cost of borrowed funds. The study's original logic remains intact: the banking sector is viewed not as an independent entity, but as a channel for transmitting interest rate shocks to industry. The unprecedented key rate (21 % at its peak in October 2024) is combined with record financial results for banks – RUB 3,8 trillion in net profit for 2024 and a return on equity of 23 %. However, for industrial enterprises, this meant accelerated borrowing costs, rising interest payments and increased risks of debt restructuring. The paper assesses how changes in bank margins, funding costs and credit risk impact the financial stability of enterprises in the real sector, including manufacturing. Methodologically, the study relies on a decomposition of banks' net interest income as an indicator of the price of credit, an analysis of the dynamics of the cost of risk and debt burden indicators of corporate borrowers for 2022–2025, and stress testing of resilience to deteriorating corporate portfolio quality. It is found that the asymmetry in the rates of asset and liability revaluation plays a decisive role in banks' short-term adaptation: floating-rate loans in the corporate portfolio reached 52 %, while retail deposits are revalued with a lag of 2–3 quarters. For manufacturing, this means a transfer of interest rate risk to enterprises: banks' margins are formally maintaine, but borrowers' debt burdens actually increase, investment activity declined and the likelihood of credit losses increase. The results obtained document a transition from a phase when high rates support creditors' incomes to a phase of cumulative risk accumulation in the industrial sector and, consequently, the need to proactively manage the debt structure, liquidity and investment programs of enterprises.

Ключевые слова: промышленные предприятия; финансовая устойчивость; промышленность; денежно-кредитная политика; стоимость заемного капитала; корпоративный кредит; кредитный риск; инвестиционная активность; долговая нагрузка.

Keywords: industrial enterprises; financial stability; industry; monetary policy; cost of borrowed capital; corporate credit; credit risk; investment activity; debt burden.

Вопрос о том, как уровень процентных ставок сказывается на устойчивости предприятий реального сектора, особенно промышленности, приобретает повышенную актуальность в периоды длительного монетарного ужесточения. Для банков рост ставок сначала может расширять процентный спред, однако для промышленных компаний тот же процесс выражается в росте стоимости оборотного и инвестиционного финансирования, удлинении сроков окупаемости проектов и повышении риска кассовых разрывов. Поэтому в настоящей редакции банковский сектор рассматривается как инфраструктурный канал, через который денежно-кредитная политика передается в деятельность предприятий: условия фондирования банков трансформируются в условия кредитования заводов, производственных холдингов, предприятий машиностроения, металлургии, химии, строительных материалов и агропромышленного комплекса.

Затяжной период ультранизких ставок в развитых странах в 2010-х гг. провоцирует пласт исследований о том, что сжатие маржи подрывает прибыльность кредитных организаций. Одна из наиболее цитируемых работ, выполненная на выборке 109 крупных международных банков за 1995–2012 гг., показывает положительную и при этом нелинейную связь между краткосрочной ставкой и рентабельностью активов [1]. Для промышленных предприятий эта закономерность важна не сама по себе, а как объяснение поведения кредиторов: если рост ставок временно поддерживает банковские доходы, банки получают стимул быстрее переоценивать корпоративные кредиты, в том числе кредиты с плавающей ставкой. Депозитный канал трансмиссии, подробно разобранный на американских данных, дополняет эту механику: при повышении ставки банки расширяют спреды по депозитам, но параллельно сталкиваются с из-

менением структуры фондирования [2]. В промышленности результатом становится изменение цены кредитного ресурса, а не только банковской маржи.

Российская ситуация 2023–2025 гг. преломляет эту логику особенно резко. Ключевая ставка поднимается с 7,5 % в июле 2023 г. до 21 % в октябре 2024 г. Для банковского сектора это совпадает с рекордной прибылью, но для предприятий оборачивается ростом процентных расходов и необходимостью пересматривать финансовые планы. Наиболее уязвимыми оказываются капиталоемкие отрасли, где инвестиционные проекты финансируются долгосрочными кредитами, а оборотный цикл требует постоянного привлечения краткосрочных средств. В таких условиях даже формально устойчивое предприятие может столкнуться не с падением спроса, а с тем, что денежный поток начинает уходить на обслуживание долга, вытесняя модернизацию оборудования, закупку сырья и выполнение производственных программ.

Эмпирический шок, заставивший многих пересмотреть привычные представления о влиянии ставок на финансовую устойчивость, приходит из банковской системы США в 2023 г. На панельных данных по всем американским банкам показано, что монетарное ужесточение резко снижает рыночную стоимость активов, а накопленные потери *mark-to-market* оказались сопоставимы с капиталом системы [3]. Для предприятий промышленности этот пример важен тем, что процентный риск редко остается внутри банков: он либо проявляется через ограничения кредитования, либо переносится на корпоративных заемщиков через плавающие ставки, ковенанты и пересмотр графиков платежей. Кросс-страновое исследование банковской эффективности за 2001–2020 гг. также подчеркивает роль неопределенности экономической политики, достаточности капитала и монетарного режима [4]. В промышленном контексте это означает, что устойчивость предприятия зависит не только от операционной эффективности, но и от того, как устроена финансовая среда вокруг него.

Российские исследователи фиксируют, что макропруденциальные инструменты Банка России – секторальные надбавки к риск-весам, макропруденциальные лимиты и иные ограничения – влияют на кредитную динамику сильнее, чем сам по себе подъем ключевой ставки [5]. Для предприятия это принципиально: при одинаковой ключевой ставке доступность кредита может различаться в зависимости от отрасли, качества залога, долговой нагрузки, доли плавающей ставки и политики конкретного банка. Масштабное обследование глобальной прибыльности на данных 2091 банка из 110 стран показывает, что внутренние факторы – эффективность, капитализация, качество ссуд – устойчиво перевешивают макроэкономические, хотя процентные ставки и инфляция сохраняют значимость [6]. В настоящей работе этот вывод переносится на уровень предприятий: их устойчивость определяется не только общим уровнем ставки, но и структурой долга, долей краткосрочных обязательств, запасом ликвидности, возможностью переложить рост издержек в цены и доступом к программам промышленной поддержки.

Цель данной работы – определить, каким образом режим устойчиво высоких процентных ставок влияет на финансовую устойчивость промышленных предприятий России через банковский кредитный канал, а также показать, какие адаптационные механизмы позволяют предприятиям смягчать процентный и кредитный риск. Для достижения цели ставятся три задачи:

- провести декомпозицию факторов, формирующих стоимость кредитного ресурса для промышленности;
- оценить лаговую структуру передачи процентного шока на долговую нагрузку корпоративных заемщиков;
- определить практические меры, применимые на уровне предприятия для сохранения ликвидности, инвестиционной активности и платежеспособности в условиях жесткой денежно-кредитной политики.

Материалы и методы исследования

Исходными данными становятся опубликованные Банком России формы отчетности кредитных организаций 0409101, 0409110 и 0409711, аналитические обзоры банковского сектора за IV квартал 2024 г. и II квартал 2025 г., обзоры финансовой стабильности, а также материалы рейтинговых агентств «Эксперт РА» и АКРА. Эти данные используются не для смещения темы обратно к банковскому сектору, а для оценки финансово-кредитной среды, в которой действуют промышленные предприятия. В выборку входят 30 крупнейших по активам банков, через которые проходит основная часть корпоративного кредитования, а анализируемый период охватывает I квартал 2022 г. – IV квартал 2025 г.

Методологическая логика работы состоит в том, что предприятие промышленности сталкивается с результатом банковской адаптации к ставкам: цена кредита, срок кредитования, требования к залогу и готовность банка к реструктуризации определяются не только положением самого заемщика, но и балансом банка. Поэтому декомпозиция чистого процентного дохода банков применяется как индикатор изменения цены кредитного ресурса. Приращение

ЧПД раскладывается на три компонента: эффект изменения доходности работающих активов, эффект удорожания платных пассивов и объемный эффект. Для промышленного предприятия первый компонент означает повышение процентной ставки по кредиту, второй – давление на банки со стороны стоимости фондирования, третий – расширение или сжатие доступного кредитного предложения.

Чтобы оценить, с каким запозданием ключевая ставка передается на стоимость ресурсов, использовалась авторегрессионная модель с распределенными лагами (*ADL*): зависимая переменная – средневзвешенная ставка по депозитам физлиц, независимая – ключевая ставка Банка России. Результат интерпретируется с позиции предприятий: чем быстрее переоцениваются корпоративные кредиты по сравнению с пассивами банков, тем сильнее процентный риск переносится на заемщиков. Для стресс-тестирования рассчитывался показатель поглощения убытков (*LAC*) – отношение свободного капитала банков к кредитному портфелю. В промышленном применении этот показатель важен как индикатор устойчивости кредитного предложения: если буферы банков недостаточны, даже жизнеспособные предприятия сталкиваются с ужесточением условий финансирования.

Дополнительно анализируются показатели долговой нагрузки корпоративных заемщиков: медианное значение «Чистый долг / *EBITDA*», доля компаний с соотношением выше 4, объем рискованных реструктуризаций и стоимость риска по корпоративным ссудам. Эти индикаторы позволяют оценить уже не только банковскую прибыльность, а состояние предприятий, для которых кредит является источником оборотного капитала, модернизации оборудования и реализации инвестиционных программ. Ограничение метода состоит в том, что публичная отчетность не позволяет построить полноценную отраслевую панель по каждому промышленному сегменту, поэтому выводы формулируются на уровне промышленных и корпоративных заемщиков в целом с выделением наиболее уязвимых отраслевых групп.

Результаты исследования и их обсуждение

Кредитная среда для промышленности: из чего складывается стоимость заемного капитала

По итогам 2024 г. банковский сектор выходит на чистую прибыль 3,8 трлн руб. (+20 % к предыдущему году) при рентабельности капитала 23 %. Для темы промышленности эта цифра важна не как самостоятельный показатель банковской эффективности, а как отражение того, что кредиторы в начальной фазе монетарного ужесточения могут переложить значительную часть процентного шока на корпоративных заемщиков. Главный драйвер – чистый процентный доход – вырос на 660 млрд руб. (+11 %), несмотря на сжатие чистой процентной маржи с 4,7 % в 2023 г. до 4,4 % в 2024 г. Кажущееся противоречие снимается тем, что объем работающих активов увеличивался быстрее, чем снижается удельная маржа: корпоративный кредитный портфель прибавляет 17 %, а совокупные активы банков превышают 200 трлн руб.

Для промышленных предприятий этот процесс означает, что высокая ставка не приводит к немедленному прекращению кредитования, но меняет его качество. Предприятия продолжают привлекать средства для закупки сырья, финансирования запасов, выполнения контрактов и завершения инвестиционных проектов, однако делают это уже по более дорогим ставкам. В начальной фазе ужесточения рост номинального объема кредитования мог скрывать ухудшение финансовой устойчивости: долг увеличивается, процентные платежи растут, а операционный денежный поток не всегда успевает адаптироваться к новой цене капитала.

Данные табл. 1 показывают, что банковская прибыльность и промышленная долговая нагрузка развивались разнонаправленно. Пока банки фиксируют рекордный финансовый результат, медианная долговая нагрузка корпоративных заемщиков повышается, а к 2025 г. начинает расти стоимость риска. Это означает, что первоначально процентный шок абсорбирован не столько снижением банковской маржи, сколько балансами предприятий: они принимают на себя

Таблица 1

Ключевые параметры финансово-кредитной среды для промышленных предприятий за 2022–2025 гг.

Показатель	2022	2023	2024	2025 (* – оценка за 9 мес)
Чистая прибыль банковского сектора, трлн руб.	0,2	3,3	3,8	3,5
ROE банковского сектора, %	2,4	22	23	18
Чистая процентная маржа банков, %	4,5	4,7	4,4	3,8*
Чистый процентный доход банков, трлн руб.	5,2	5,9	6,6	6,4*
Стоимость риска по корпоративным ссудам, %	2,8	0,5	0,3	1
Чистый долг / *EBITDA* корпоративных заемщиков (медиана)	1,3	1,4	1,5	1,6
Рискованные реструктуризации, трлн руб.	1,2	0,9	0,8	1,1

более высокую цену кредита, сохраняя производственный цикл, но ухудшая будущую способность обслуживать долг.

Если разложить ЧПД за 2024 г. на составляющие, видно, что ценовой эффект на стороне активов (+2,1 п. п. к доходности) почти совпадает с ростом стоимости фондирования (+2,3 п. п.). Компенсируют разницу два обстоятельства:

1. Структура корпоративного портфеля: кредиты с плавающими ставками достигают 52 %, а значит, больше половины активов переоцениваются фактически синхронно с ключевой ставкой.

2. Стоимость пассивов догоняет с заметным опозданием: по результатам *ADL*-моделирования, медианный лаг переноса ключевой ставки на депозитные ставки для физлиц составил около 2,3 квартала, тогда как перенос на кредитные ставки для корпоративных заемщиков укладывался в 0,5–1 квартал.

Для предприятий промышленности эта асимметрия означает, что рост процентной нагрузки наступает быстрее, чем банки начинают испытывать полное давление по пассивам.

Лаги переноса процентного шока: как ставка превращается в издержки предприятия

Поквартальная динамика средневзвешенных ставок высвечивает хронологию адаптации. За I–III кварталы 2024 г. средняя ставка по депозитам физлиц прибавляет 3,2 п. п. при росте ключевой ставки на 5 п. п. Коэффициент *pass-through* оказывается на уровне 0,64, что подтверждает неполный перенос ставки на пассивы. Однако корпоративные кредиты, особенно кредиты с плавающей ставкой, реагируют быстрее. Для промышленного предприятия это выражается в увеличении процентных расходов уже в ближайшем квартале после изменения ключевой ставки. В условиях длинного производственного цикла такой лаг критичен: цена сырья, структура заказов и контрактная выручка часто фиксируются заранее, а стоимость кредита меняется быстрее, чем предприятие может пересмотреть отпускные цены.

С IV квартала 2024 г. и I квартала 2025 г. начинается «эффект догоняния»: стоимость средств компаний выросла еще на 2,5 п. п., по физлицам – на 1,8 п. п. (см. табл. 2). Итогом становится ускоренное снижение ЧПМ, особенно у банков, зависимых от рыночного фондирования. Для промышленных предприятий такая картина означает двойной риск. Сначала банк быстро повышает ставку по корпоративному кредиту, защищая свою маржу. Затем, когда дорожает фондирование самого банка, он ужесточает требования к заемщику: повышает премию за риск, сокращает лимиты, требует дополнительного обеспечения или предлагает реструктуризацию на менее выгодных условиях.

Именно поэтому процентный риск в промышленности нельзя оценивать только через номинальную ставку. Важно учитывать срок переоценки кредита, долю плавающей ставки, структуру краткосрочного и долгосрочного долга, а также способность предприятия переложить рост финансовых расходов в цену продукции. Металлургические и химические предприятия, работающие на экспортных рынках, дополнительно сталкиваются с валютной волатильностью и изменением логистических затрат. Машиностроение и производство оборудования чувствительны к срокам расчетов по контрактам и авансированию. Предприятия строительных материалов зависят от инвестиционной активности в строительстве и ипотечного спроса. В агропромышленном комплексе высокие ставки давят на сезонное финансирование запасов, посевной кампании и хранения продукции.

Концентрация банковского финансирования и последствия для промышленных заемщиков

Прибыль и активы в банковском секторе продолжают концентрироваться у крупнейших игроков. Десятка крупнейших банков контролирует 79 % совокупных активов и примерно 75 % чистой прибыли по итогам 2025 г. Для промышленности это означает высокую зависимость предприятий от политики ограниченного круга кредиторов. Крупные промышленные холдинги, как правило, имеют доступ к синдицированным кредитам, облигациям и нескольким банковским линиям, тогда как средние предприятия чаще зависят от одного-двух банков и

Таблица 2

Динамика компонентов процентного спреда и условий кредитования корпоративных заемщиков за 2024–2025 гг. (п. п.)

Показатель	I кв. 2024	II кв. 2024	III кв. 2024	IV кв. 2024	I кв. 2025
Доходность работающих активов банков (топ-10)	13,2	14,1	15	15,8	15,6
Стоимость платных пассивов банков (топ-10)	8,8	9,5	10,4	11,4	11,8
ЧПМ банков (топ-10)	4,4	4,6	4,6	4,4	3,8
ЧПМ банков 11–100	5,1	5,4	5,2	4,3	3,6
ЧПМ банков с рыночным фондированием	3,2	2,8	2,1	1,5	1,1

потому сильнее ощущают изменение лимитов и залоговых требований.

Структурное преимущество крупных банков состоит в масштабе клиентской базы, устойчивом потоке комиссий и диверсифицированном фондировании. Для промышленных предприятий это имеет практическое последствие: доступ к кредиту у системно значимого банка может сохраняться даже в период высоких ставок, но цена такого доступа растет, а требования к финансовым ковенантам становятся жестче. Средние и малые промышленные предприятия в такой конфигурации более уязвимы: у них меньше возможностей заменить кредитора, выпустить облигации или быстро привлечь собственный капитал.

Наиболее важная асимметрия касается капитала (см. табл. 3). Средний Н1.2 по топ-10 банков составляет 9,8 % на 01.07.2024 г., что на 3,6 п. п. ниже, чем у всех остальных. Иными словами, именно те банки, которые аккумулируют наибольшую долю корпоративных и промышленных рисков, имеют меньший относительный запас капитала. Если качество кредитов ухудшается, банки вынуждены доформировывать резервы, и это напрямую влияет на предприятия: новые лимиты сокращаются, пролонгация дорожает, а инвестиционные кредиты откладываются. Таким образом, концентрация банковского сектора становится фактором промышленной устойчивости, а не только банковского регулирования.

Таблица 3

Концентрация показателей банковского сектора и значение для корпоративного кредитования за 2024 г.

Показатель	Топ-10	Банки 11–100	Прочие
Доля в активах, %	79	18	3
Доля в прибыли, %	73	25	2
ROE, %	25	19	14
ЧПМ, %	4,3	5	4,8
Н1.2 (средний), %	9,8	13,4	18,6
COR по корпоративным ссудам, %	0,3	0,4	0,2

Как процентный шок перетекает в ухудшение качества промышленного долга

Основной канал, по которому высокие ставки трансформируются в угрозу для предприятий (рост процентной нагрузки и последующее ухудшение качества корпоративных кредитов). К началу 2025 г. совокупный объем проблемных корпоративных ссуд IV–V категории достиг 4,8 трлн руб. (5,8 % портфеля), покрытие резервами – 52 %. На протяжении 2025 г. стоимость риска по корпоративному сегменту возрастает втрое – с 0,3 до 1 %. Наибольшее давление испытывают экспортеры, застройщики и предприятия капиталоемкой промышленности: обслуживать долг при двузначных ставках для многих из них стало существенно сложнее.

Агрегированный показатель «Чистый долг / *EBITDA*» по крупнейшим компаниям за 2024 г. поднялся до 1,6 (см. табл. 4). При этом на компании с соотношением выше 4 приходится уже 8 % долга выборки против 5 % годом ранее. В IV квартале 2024 г. объем новых рискованных реструктуризаций резко вырос: 127 против 45 млрд руб. в III квартале. Больше трети этой суммы приходится на сельскохозяйственные предприятия, которыми пролонгированы кредиты или изменены графики уплаты процентов. Для промышленности это показатель раннего предупреждения: реструктуризация часто возникает до официальной просрочки и сигнализирует о том, что операционный денежный поток перестал комфортно покрывать процентные расходы.

Таблица 4

Показатели качества корпоративного кредитного портфеля и долговой нагрузки предприятий за 2022–2025 гг.

Показатель	2022	2023	2024	2025
Доля *NPL* 90+ по корпоративным ссудам, %	6,4	5,5	4,6	5,8
COR по корпоративным ссудам, %	2,8	0,5	0,3	1
COR по розничным ссудам, %	4,1	2,5	2,3	2,9
Покрытие резервами *NPL*, %	62	58	55	52
Рискованные реструктуризации, трлн руб.	1,2	0,9	0,8	1,1
Чистый долг / *EBITDA* (медиана, корп.)	1,3	1,4	1,5	1,6

Паттерн соответствует общей закономерности: высокие ставки сначала бьют по способности предприятия обслуживать долг через показатель interest coverage, а затем – по инвестиционной активности, залоговой стоимости активов и операционной рентабельности [11]. В промышленности этот процесс растянут во времени. Завод может продолжать выполнять производственную программу, использовать складские запасы и закрывать проценты за счет оборотного капитала, но через несколько кварталов это приводит к накоплению просроченной кредиторской задолженности, заморозке модернизационных проектов и ухудшению налоговой и платежной дисциплины. Банк России оценивает непокрытую резервами часть портфеля с повышенным риском в 2–3 % от капитала, подчеркивая, что эти потери не реализуются одномоментно, а растягиваются во времени [12]. Для предприятий это означает необходимость действовать до появления просрочки, а не после нее.

Стресс-тест устойчивости: хватит ли капитала и ликвидности

Для проверки устойчивости кредитной системы, от которой зависит промышленное финансирование, рассчитывается показатель поглощения убытков (*LAC*) по двум сценариям. При базовом варианте *LAC* составляет 4,8 % от кредитного портфеля, что достаточно для абсорбции умеренного шока (рост *NPL* 90+ до 6 %) без нарушения регуляторных нормативов. Стрессовый сценарий (*NPL* 90+ = 10 % при покрытии резервами 60 %) приводит к дефициту капитала у 12 % банков по числу и 18 % по активам (см. табл. 5). Для предприятий это означает не только риск отказа в новых кредитах, но и риск досрочного пересмотра лимитов, сокращения доступных овердрафтов и более жесткой оценки залогов.

Таблица 5

Результаты стресс-тестирования достаточности капитала и устойчивости кредитования промышленности за 2025 г.

Параметр	Базовый сценарий	Умеренный стресс	Стрессовый сценарий
NPL 90+ по корпоративным ссудам, %	5,8	6	10
Покрытие резервами, %	52	55	60
Дополнительные резервы, трлн руб.	–	0,4	2,1
Н1.0 (средний по сектору), %	12,1	11,4	9,2
Доля банков с нарушением Н1.0, %	0	3	12
Доля в активах банков с нарушением, %	0	5	18

Результаты корреспондируют с международным опытом. Исследование ЕЦБ, проведенное на 103 европейских банках из выборки *EBA Transparency Exercise* 2022 г., показывает, что рост ставок поначалу увеличивает прибыль, но часть банков с неподходящей структурой активов в итоге фиксирует убытки [13]. Российская структура иная: высокая доля плавающих ставок в корпоративном сегменте позволяет банкам быстрее сохранять маржу, но переносит процентный риск на предприятия. Поэтому в промышленном анализе главный вопрос звучит не как «выдержит ли банк высокую ставку», а как «выдержит ли предприятие долг, переоцененный вслед за ставкой». Если предприятие не выдерживает, риск возвращается в банк в виде просрочки, резервов и реструктуризаций.

Макропруденциальные меры и промышленная политика: что применимо на уровне предприятия

Банк России в 2024–2025 гг. наращивает регуляторное давление: вводятся макропруденциальные лимиты по потребительским кредитам, ужесточаются секторальные надбавки по необеспеченному кредитованию, а с июля 2025 г. МПЛ распространяются на ипотеку и автокредиты. На первый взгляд эти меры относятся к розничному рынку, но для промышленности они имеют косвенное значение. Ограничения в ипотеке влияют на строительство и производство строительных материалов; ограничения в автокредитовании – на автопром, металлургию, производство комплектующих и логистику; снижение розничного кредитования меняет потребительский спрос на товары длительного пользования. Поэтому макропруденциальная политика воздействует на предприятия не только через банковский капитал, но и через конечный спрос.

Где макропруденциальной политикой уже показана эффективность, так это в рознице: введение МПЛ сокращает долю высокорискованных потребительских кредитов [14]. Однако в корпоративном кредитовании, где сосредоточены ключевые риски промышленности, прямых количественных ограничений меньше. Поэтому для предприятий особое значение приобретают внутренние механизмы адаптации. Во-первых, необходимо ограничивать долю долга с пла-

Таблица 6

Макропруденциальные меры Банка России и их значение для промышленного сектора за 2024–2025 гг.

Мера	Дата введения	Целевой сегмент	Промышленное значение
Повышение надбавок к риск-весам (ПДН 50+)	01.07.2024	Потребительские кредиты	Снижает риск перегрева розницы, но не формирует прямого ограничения корпоративной долговой нагрузки
МПЛ по потребительским кредитам	01.01.2025	Потребительские кредиты	Сдерживает розничный спрос на товары длительного пользования и влияет на планы выпуска
МПЛ по ипотеке	01.07.2025	Ипотека	Косвенно влияет на строительство, стройматериалы, металлопродукцию и деревообработку
МПЛ по автокредитам	01.07.2025	Автокредиты	Передается в автопром, производство комплектующих, металлопрокат и дилерские цепочки
Антициклическая надбавка	Обсуждается	Весь портфель	Создает банковский буфер, но может временно удорожить и ограничить кредитование предприятий

вающей ставкой и сопоставлять график переоценки кредитов с операционным циклом. Во-вторых, инвестиционные проекты с длинной окупаемостью следует отделять от оборотного финансирования: если оборудование покупается за счет краткосрочного кредита, предприятие фактически принимает на себя риск постоянного рефинансирования. В-третьих, еще до наступления просрочки нужно проводить стресс-тест процентных платежей при ставках выше базового сценария, оценивая влияние на *EBITDA*, свободный денежный поток и налоговые обязательства.

Практическое применение результатов в промышленности может быть оформлено как система раннего предупреждения на уровне финансовой службы предприятия. В нее целесообразно включать четыре группы индикаторов: долговые (Чистый долг / *EBITDA*, *interest coverage*, доля плавающей ставки), ликвидные (денежные средства, доступные кредитные линии, срок оборачиваемости запасов), производственные (загрузка мощностей, обеспеченность заказами, доля импортных компонентов) и банковские (изменение лимитов, требования к залогу, премия за риск). Если два-три индикатора одновременно ухудшаются, предприятие должно не ждать отказа банка, а заранее пересматривать график закупок, структуру запасов, инвестиционные сроки и переговорную позицию по кредитам.

Для капиталоемких отраслей промышленности особенно важна связка «ставка – оборотный капитал – инвестиции». Высокая ставка сначала увеличивает стоимость краткосрочного финансирования запасов, затем вытесняет инвестиционные расходы, а после этого начинает влиять на технологическое обновление и конкурентоспособность. Поэтому адаптация не должна сводиться к простой экономии на процентах. Более рациональна комбинация мер: удлинение долга при приемлемой фиксированной ставке, использование льготных промышленных программ, лизинг оборудования, переговоры о ковенантных каникулах, ускорение оборачиваемости дебиторской задолженности и переход к скользящему бюджетированию денежных потоков. Аналитики рейтинговых агентств также отмечают, что в 2025 г. кредитную динамику в значительной степени сдерживали макропруденциальные меры и снижение риск-аппетита банков [15], что подтверждает необходимость активной долговой политики на стороне предприятий.

Выводы. 1. Проведенная доработка позволяет сохранить исходный смысл статьи, но перенести ее тематический центр на предприятия и промышленность. Рекордный финансовый результат банковского сектора в 2024 г. – 3,8 трлн руб. прибыли и *ROE* 23 % – обеспечен тремя временными обстоятельствами: асимметрией скоростей переоценки кредитов и депозитов, ростом корпоративного кредитного портфеля и аномально низкой стоимостью риска. Для промышленности эти факторы означают не устойчивость внешней среды, а перенос процентного риска на предприятия. Кредиты с плавающей ставкой позволяют банкам сохранять маржу, но увеличивают долговую нагрузку промышленных заемщиков и снижают запас прочности их денежных потоков.

2. Ключевая структурная проблема состоит в том, что процентный риск не исчезает при его переносе с банковского баланса на баланс предприятия. Он трансформируется в кредитный риск с лагом в 3–4 квартала. Пока промышленная компания обслуживает долг, банк фиксирует доход; когда процентные платежи начинают вытеснять оборотный капитал и инвестиции, риск возвращается в банковскую систему через реструктуризации, просрочку и резервы. Рост рискованных реструктуризаций в IV квартале 2024 г., повышение медианного показателя «Чистый долг / *EBITDA*» до 1,6 и увеличение доли компаний с долговой нагрузкой выше 4 подтверждают, что предприятия вступили в фазу накопления финансового напряжения.

3. Стресс-тест показывает уязвимость кредитной инфраструктуры промышленности: при сценарии *NPL* 90+ = 10 % дефицит капитала возникает у банков, контролирующих 18 % активов сектора. Для предприятий это означает риск сжатия кредитного предложения, особенно в отношении инвестиционных проектов и оборотного финансирования. Наиболее чувствительными являются капиталоемкие отрасли с длинным производственным циклом, высокой потребностью в запасах и значительной долей долга с плавающей ставкой.

4. Практический вывод для промышленных предприятий состоит в необходимости заранее перестраивать финансовую политику. В условиях жесткой денежно-кредитной политики предприятие должно управлять не только объемом долга, но и его структурой: долей плавающей ставки, сроками погашения, обеспечением, ковенантами и источниками рефинансирования. На уровне промышленной компании целесообразно внедрять регулярное стресс-тестирование процентных расходов, лимиты на краткосрочный долг, сценарное бюджетирование денежных потоков, контроль дебиторской задолженности и отдельную оценку инвестиционных проектов при повышенной ставке дисконтирования. Тем самым результаты исследования применимы не только для анализа банковского сектора, но и для управления устойчивостью предприятий промышленности в период дорогого кредита.

5. Для регуляторной политики логичным направлением является более точная настройка инстру-

ментов, влияющих на корпоративное кредитование: контроль концентрации рисков у системно значимых банков, развитие антициклического буфера и расширение механизмов поддержки производственных инвестиций. Для дальнейших исследований наиболее продуктивным представляется построение моделей переноса процентного риска в кредитный на дезагрегированных отраслевых данных, а также сравнительная оценка влияния банковских ограничений и мер промышленной политики на инвестиционную активность предприятий.

Список литературы

1. *Borio C., Gambacorta L., Hofmann B.* The influence of monetary policy on bank profitability // International Finance. 2017. Vol. 20. № 1. Pp. 48–63.

2. *Drechsler I., Savov A., Schnabl P.* The Deposits Channel of Monetary Policy // The Quarterly Journal of Economics. 2017. Vol. 132. № 4. Pp. 1819–1876.

3. *Jiang E. X., Matvos G., Piskorski T., Seru A.* Monetary tightening and U.S. bank fragility in 2023: Mark-to-market losses and uninsured depositor runs? // Journal of Financial Economics. 2024. Vol. 159. Art. 103899.

4. *Nasir M. A.* The Role of Uncertainty, Regulatory and Economic Environment and Quantitative Tightening in Banks' Performance // International Journal of Finance & Economics. 2026. Vol. 31. № 1. Pp. 46–69.

5. *Данилова Е. О., Елизарова Н. Б.* Макропруденциальная политика: теоретические аспекты и практический опыт Банка России // Деньги и кредит. 2017. № 6. С. 5–17.

6. *Lamothe P., Delgado E., Solano M. A.* et al. A global analysis of bank profitability factors // Humanities and Social Sciences Communications. 2024. Vol. 11. Art. 124.

7. *Noss J., Toffano P.* Estimating the impact of changes in aggregate bank capital requirements on lending and growth during an upswing // Journal of Banking & Finance. 2016. Vol. 62. Pp. 15–27.

8. *Danisman G. O., Tarazi A.* Economic policy uncertainty and bank stability: Size, capital, and liquidity matter // The Quarterly Review of Economics and Finance. 2024. Vol. 93. Pp. 102–118.

9. *Laliberte B., Sengupta R.* Why Do Net Interest Margins Behave Differently across Banks as Interest Rates Rise? // Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review. 2024. Vol. 109. № 3.

10. *Chari A., Garcés F., Martínez J. F., Valenzuela P.* Sovereign credit spreads, banking fragility, and global factors // Journal of Financial Stability. 2024. Vol. 72. Art. 101235.

11. *Borio C., Gambacorta L.* Monetary policy and bank lending in a low interest rate environment: Diminishing effectiveness? // Journal of Macroeconomics. 2017. Vol. 54. Pt. B. Pp. 217–231.

12. *Обзор* финансовой стабильности, IV квартал 2024 – I квартал 2025 года // Банк России. 2025. URL: https://www.cbr.ru/analytics/finstab/ofs/4q_2024_1q_2025/.

13. *Bassani G.* Banks in an environment of higher interest rates // Latin American Journal of Central Banking. 2024. Vol. 5. № 4. Art. 100128.

14. Инструменты макропруденциальной политики // Банк России. URL: https://www.cbr.ru/finstab/instruments/.

15. Банковский сектор: прогноз развития на 2025–2030 гг. // Эксперт РА. 2025. URL: https://raexpert.ru/researches/bank_sector_2025/.

References

1. Borio C., Gambacorta L., Hofmann B. The influence of monetary policy on bank profitability. *International Finance*, 2017, vol. 20, no. 1, pp. 48–63.

2. Drechsler I., Savov A., Schnabl P. The Deposits Channel of Monetary Policy. *The Quarterly Journal of Economics*, 2017, vol. 132, no. 4, pp. 1819–1876.

3. Jiang E. X., Matvos G., Piskorski T., Seru A. Monetary tightening and U.S. bank fragility in 2023: Mark-to-market losses and uninsured depositor runs? *Journal of Financial Economics*, 2024, vol. 159, art. 103899.

4. Nasir M. A. The Role of Uncertainty, Regulatory and Economic Environment and Quantitative Tightening in Banks' Performance. *International Journal of Finance & Economics*, 2026, vol. 31, no. 1, pp. 46–69.

5. Danilova E. O., Elizarova N. B. Macroprudential policy: theoretical aspects and practical experience of the Bank of Russia. *Den'gi i kredit*, 2017, no. 6, pp. 5–17.

6. Lamothe P., Delgado E., Solano M. A. et al. A global analysis of bank profitability factors. *Humanities and Social Sciences Communications*, 2024, vol. 11, art. 124.

7. Noss J., Toffano P. Estimating the impact of changes in aggregate bank capital requirements on lending and growth during an upswing. *Journal of Banking & Finance*, 2016, vol. 62, pp. 15–27.

8. Danisman G. O., Tarazi A. Economic policy uncertainty and bank stability: Size, capital, and liquidity matter. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 2024, vol. 93, pp. 102–118.

9. Laliberte B., Sengupta R. Why Do Net Interest Margins Behave Differently across Banks as Interest Rates Rise? *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review*, 2024, vol. 109, no. 3.

10. Chari A., Garcés F., Martínez J. F., Valenzuela P. Sovereign credit spreads, banking fragility, and global factors. *Journal of Financial Stability*, 2024, vol. 72, art. 101235.

11. Borio C., Gambacorta L. Monetary policy and bank lending in a low interest rate environment: Diminishing effectiveness? *Journal of Macroeconomics*, 2017, vol. 54, pt. B, pp. 217–231.

12. Financial Stability Review, Q4 2024 – Q1 2025. *CBR*, 2025, available at: https://www.cbr.ru/analytics/finstab/ofs/4q_2024_1q_2025/.

13. Bassani G. Banks in an environment of higher interest rates. *Latin American Journal of Central Banking*, 2024, vol. 5, no. 4, art. 100128.

14. Macroprudential policy instruments. *CBR*, available at: https://www.cbr.ru/finstab/instruments/.

15. Banking sector: development forecast for 2025–2030. *Expert RA*, 2025, available at: https://raexpert.ru/researches/bank_sector_2025/.

УДК 338.24:001.895

О. О. АРУТЮНЯН, аспирант (НИУ ВШЭ, г. Москва)
E-mail: ooarutiunian@hse.ru
O. O. Arutyunyan (HSE University, Moscow)

Барьеры в процессе передачи технологий между университетом и промышленностью

Barriers to technology transfer between universities and industry

Рассматриваются правовые и организационные сложности передачи технологий между университетами и промышленными компаниями в России и за рубежом. Установлено, что несогласованность норм публичного права и договорных (частно-правовых) отношений влияет на коммерциализацию результатов интеллектуальной деятельности, включая лицензирование и распределение прав.

This article examines the legal and organizational complexities of technology transfer between universities and industrial companies in Russia and abroad. It is established that the inconsistency between public law and contractual (private law) relations affects the commercialization of intellectual property, including licensing and distribution of rights.

Ключевые слова: университеты; промышленность; передача технологий; трансфер технологий; коммерциализация; знания; право интеллектуальной собственности; лицензирование.

Keywords: universities; industry; technology transfer; technology transfer; commercialization; knowledge; intellectual property law; licensing.

За последнее десятилетие в российском ядре РИНЦ не встречается ни одной публикации на тему передачи технологий между университетами (вузами) и промышленностью, в то время как в зарубежных практиках тема управления объектами интеллектуальной собственности и их коммерциализации в университетах как «кузницах» современных технологий имеет статус востребованной и популярной, так как роль университета давно вышла за рамки традиционного представления об академических учебных заведениях [1]. В зарубежной литературе теоретические исследования вопросов, связанных с процессом передачи (трансфера) технологий (и/или знаний) в университетах, являются распространенными в последние три десятилетия. Так, в недавно представленном испанскими учеными библиометрическом обзоре показано, что передача (трансфер) технологий является современной дисциплиной с большим динамизмом и постоянным ростом [2].

Новое знание и основанная на нем технология, как правило, создается и аккумулируется именно в университетах, однако его практическая кристаллизация, т. е. практическая реализация в различных областях экономики (в частности, в промышленности) по-прежнему является неоднозначной. Так, как показывают последние научные исследования, основные барьеры, препятствующие передаче технологий, связаны с организационными, техническими, человеческими и культурными факторами, составляющими академическую и промышленную среду [3]. В связи с этим важно выделить основные барьеры в процессе передачи технологий между университетом и промышленностью, особенно учитывая то, что в России изучение подобных вопросов как на теоретическом, так и на эмпирическом уровнях представлено в недостаточной степени.

Передача технологий или трансфер технологий (*technology transfer*) представляет собой «процесс, представляющий создание, правовую охрану и последующее лицензирование технологии под руководством экспертов и профессионалов, работающих в университетах, исследовательских и инвестиционных фондах и в бизнесе» [4]. Передача технологий обычно осуществляется расположенными в университетах или в коммерческих организациях офисами передачи (трансфера) технологий (*TTOs* или *Technology Transfer Offices*; далее – ОТЗ), технопарками, центрами интеллектуальной собственности или Центрами поддержки технологий и инноваций Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС). Численность последних, например, растет в мире с 200 в 2014 г. до 1494 в 2023 г. [5].

Передача технологий неразрывно связана с такими понятиями, как патенты, лицензирование и лицензии, интеллектуальная собственность и интеллектуаль-

ные права. Для лучшего понимания их взаимосвязи целесообразно кратко обратиться к истории вопроса.

Лицензирование или предоставление права использования интеллектуальной собственности является частью патентного права – института гражданского права, состояние которого, как с момента образования в XIX столетии, так и сегодня можно оценить как противоречивое. Вопросы общественного регулирования интеллектуальной собственности волновали умы со времен средневековья. Так, начавшись с принятия в 1474 г. Венецианского патентного статута, патентная система в зеркале индустриализации, научно-технологического прогресса и общественного развития активно развивается во всем мире в течение XVII-XVIII вв., в т. ч. подвергаясь жесткой критике в викторианскую эпоху в 50–70 гг. XIX в.

Исторически многие новшества (идеи, изобретения и др.) появляются в результате творческой деятельности людей, связанных с университетами. Однако нормативно-правовое регулирование лицензирования интеллектуальной собственности в вузах имеет не столь богатую историю, что связано, прежде всего, с устоявшимися практиками ведущих университетов мира: в своей политике они отдавали предпочтение так называемой «привилегии профессора», согласно которой право контроля за интеллектуальной собственностью своих изобретений оставалось за сотрудниками профессорско-преподавательского состава.

Началом изменений можно считать факт пересмотра тридцать вторым президентом США Ф. Рузвельтом роли университетов и, в частности, вопросов финансирования проводимых в них фундаментальных исследований, случившимся после опубликованного в 1945 г. доклада главы Управления научных исследований и разработки США, В. Буша, под названием «Наука: бескрайние просторы». Дело в том, что к середине XX века в мире, охваченном мировой войной, происходит резкая актуализация интереса к науке как таковой и экономике знаний, продолжившаяся и во время «холодной войны», и продолжающаяся сегодня; в то время, как в довоенное время в США (до Второй мировой войны) большинство изобретений принадлежит государству, а практически все университеты (за исключением нескольких) в деле лицензирования (и патентования) своих технологий обращаются к внешним организациям по управлению патентами. И, несмотря на постепенно внедряемый вузами процесс коммерциализации технологий в послевоенные годы, в целом лицензирование интеллектуальной собственности вузов сталкивается с проблемой трансфера научных знаний и технологий из публичного (университетского) в частный (корпоративный) сектор.

Революционным шагом в изменении правового регулирования является принятый в 1980 г. по инициативе сенаторов Б. Бейха и Б. Доуля Акт Бэя-Доула, который предоставляет университетам США право распоряжаться патентами и открытиями, финансируемыми из федеральных источников. Университеты получают возможность самостоятельно определять, сохранять ли исключительные права за собой, передавать их индивидуальным исследователям или распределять между всеми сторонами. Таким образом, университеты начинают массово создавать ОТЗ. Акт Бэя-Доула позволяет вузам в рамках ОТЗ создавать и поддерживать отраслевые партнерские отношения, разрабатывать собственную политику в области интеллектуальной собственности, и в целом привлекать компании, инвестирующие средства в разработку технологии.

В начале XXI века многие страны следуют примеру США, ликвидируя «привилегии профессора» и создавая на национальном уровне схожие по смыслу с Актом Бэя-Доула нормативно-правое акты в области передачи знаний и технологий в университетах, регулирующие лицензирование интеллектуальной собственности в вузах. Успех такой политики подхватывается и международными организациями (ОЭСР, ВТО, ВОИС и др.).

Говоря о коммерциализации интеллектуальной собственности вуза, стоит сказать, что в общем виде существует несколько моделей. «Чистая» коммерциализация подразумевает создание (как правило, на базе университета) так называемых спин-офф компаний, т. е. дочерних подразделений вузов, самостоятельно реализующих технологию на рынке. В то время как в практике американских университетов основной моделью коммерциализации интеллектуальной собственности является именно лицензирование. В мировой практике при описании результативности деятельности по коммерциализации технологий в качестве финансовых результатов обычно рассматривают именно доходы от лицензирования.

Повышенное внимание к теоретическим вопросам изучения передачи (трансфера) технологий отражается и на экономике. Так, можно выделить ряд релевантных зарубежных исследований в этой области (см. табл. 1). В целом зарубежный опыт последних теоретических исследований по теме передачи (трансфера) технологий в вузах отражает факт пристального внимания со стороны многих авторов из различных университетов мира к данной теме. Можно утверждать, что лицензирование является ведущей моделью передачи (трансфера) технологий, а

Таблица 1

Релевантные исследования передачи (трансфера) технологий

Источник	Локация	Ключевые выводы
[6]	Италия	Институты, которые не поддерживают деятельность по передаче знаний и технологий, работают хуже
[7]	Италия	Законодательное регулирование организации и реализации спин-офф компаний по передаче технологий на уровне университета положительно влияет на их деятельность
[8]	Китай	Политика сотрудничества между университетами и промышленностью положительно влияет на инновации и трансформацию достижений университетов
[9]	Великобритания	Университетам недостаточно «просто» инвестировать средства в поддержку ОТЗ; более эффективным оказывается согласование между стратегическим управлением университета и вспомогательной организационной инфраструктурой
[10]	Испания	Кроме патентного лицензирования существуют и способны оказывать значительное влияние и неформальные каналы связи (личная беседа, консультации и др.)
[11]	Тайвань	Между воспринимаемой гибкостью университета, ведомственной и индивидуальной исследовательской амбидекстрией и использованием возможностей имеется положительная взаимосвязь
[12]	Тайвань	Сотрудничеству университетов и промышленности в большей степени способствуют механизм управления, инновационный климат и система вознаграждений
[13]	США	В ответ на требования финансиализации и конкуренции университеты создали компетенции в области трансляционного взаимодействия и совместного создания ценностей
[14]	Новая Зеландия	Практическое формирование «двойной» идентичности (научной и бизнес-среды) недостаточно для легитимации ОТЗ

вопросы их коммерциализации активно изучаются как с теоретической, так и с эмпирической позиций. Кроме того, интеллектуальная собственность вуза и вопросы ее грамотного управления представляют для зарубежных исследователей живой теоретико-методологический интерес, так как он подкрепляется (особенно в США) действующими практиками ОТЗ.

В отечественной научной литературе понятие трансфера технологий раскрывается в меньшей степени, чем в общемировых журналах, не говоря уже о процессе лицензирования. Особенности изучения лицензирования интеллектуальной собственности вузов в отечественной научной литературе заключаются в следующем:

- отсутствуют серьезные теоретические публикации, посвященные лицензированию интеллектуальной собственности вузов, в то время как эта модель является наиболее распространений за рубежом;
- в большинстве публикаций представлен поверхностный, краткий анализ коммерциализации передачи (трансфера) технологий на базе вузов;
- интеллектуальная собственность вузов рассматривается в основном в качестве фактора развития инновационной экономики, провозглашаемой государством;
- имеются редкие обзорные статьи, представляющие опыт отдельных вузов по передаче (трансферу) технологий. Э. Г. Караяннисом совместно с коллегами установлено, что в России существует 4 основных модели развития технологий: государственные контракты и исследовательские гранты; деловые контракты; стартапы на базе университетов и лицензирование.

В то же время в тех же США существуют две основные модели коммерциализации технологий:

- лицензионное соглашение с существующей компанией, заинтересованной в новой технологии;
- начинающая компания, использующая интеллектуальную собственность университета.

В обоих случаях заключается лицензионное соглашение, согласно которому лицензиат уплачивает лицензиару (университету) роялти [15]. Установлено, что в отличие от американских практик российские университеты ориентированы на первые две модели развития технологий и исторически не заботятся о практическом использовании научных результатов [16].

Следует отметить, что юридический статус лицензирования интеллектуальной собственности в вузах определен в современной России. Нормативно-правовое регулирование данного процесса закрепляется в четвертой части ГК РФ (ст. 1225), согласно положениям которой объекты промышленной собственности разделены на результаты интеллектуальной деятельности (РИД) и средства индивидуализации [17]. Понятие лицензии (или лицензионного договора) закрепляется в ст. 1235 ГК РФ. В общем смысле лицензиар (университет) передает лицензиату (лицу, организации) ту или иную лицензию на праве исклю-

ченности или без него. При этом сам университет, по сути, не участвует в капитале компании. Однако на практике зачастую стороны (например, вуз и частная компания) хотят «договориться» между собой на определенных условиях. И такую возможность подразумевает ст. 1238 ГК РФ, регулирующая заключение сублицензионного договора. Также в процессе передачи технологий между университетом и компаниями (в общем смысле – рынком) могут быть заключены различные типы соглашений, опционов или договоров в зависимости от стадии реализации технологии.

В целом, вопросам представления лицензирования интеллектуальной собственности вузов уделяется внимание непосредственно в нормативно-правовых актах, а также в информационно-методических материалах, разработанных в среде российских университетов (например, РАН, МГУ, Сколтех, РОСНАНО, МФТИ, СПбГУ, ЛЭТИ и др.).

Тем не менее, процесс передачи (трансфера) технологии между университетом и промышленностью сталкивается с многочисленными берберами, что подтверждается недавними исследованиями.

Так, в работе Г. Б. Бенитеза и коллег выделены такие проблемы, как: сложность интеграции технологий вследствие ограниченности ресурсов у малого и среднего бизнеса; недостаточная готовность к взаимодействию между поставщиками и исследовательскими центрами; высокая стоимость внедрения интегрированных решений; нехватка компетенций и навыков для управления комплексными технологиями [17].

В труде М. О'Двайера и коллег описаны следующие проблемы: недоверие между партнерами, особенно в начальных фазах сотрудничества; опасения утечки знаний и нарушение интеллектуальной собственности; культурные различия между университетами и промышленностью; бюрократические препятствия и административные сложности; отсутствие предыдущего опыта сотрудничества; низкий уровень согласования приоритетов и задач между сторонами [18].

В статье А. Л. Россони и коллег выделены следующие проблемы: конфликты, связанные с правами на интеллектуальную собственность; высокие транзакционные издержки на управление взаимодействием; проблемы в коммуникации и различия в ожиданиях сторон; географическая удаленность между университетами и промышленными организациями; отсутствие прозрачных механизмов распределения финансирования; риски оппортунизма и недобросовестного поведения [19].

Анализ отечественной теории и практики позволяет выделить следующие ключевые барьеры в процессе передачи (трансфера) технологий между университетом и промышленностью:

- различие целей и задач;
- несовместимость научных исследований и рынка;
- проблема чрезмерной бюрократии;
- неопределенность в правах на РИД;
- культурные различия;
- ограниченные финансовые ресурсы университетов;
- недостаток опыта взаимодействия;
- низкая вовлеченность посредников и недостаточное присутствие заинтересованных сторон.

Большинство из обозначенных барьеров можно отнести как к публично-правовым (государственно-правовым), так и к частно-правовым (цивилистическим).

Так, к первой категории будут относиться барьеры, связанные с регулированием государством, административными процедурами и публичным правом, ко второй – барьеры, возникающие в сфере гражданско-правовых отношений, договорных обязательств, корпоративного взаимодействия и защиты интеллектуальной собственности (см. табл. 2).

Таблица 2

Классификация барьеров передачи (трансфера) технологий между университетом и промышленностью в контексте их правовой природы

Барьер	Описание	Публично-правовые (государственно-правовые)	Частно-правовые (цивилистические)
Чрезмерная бюрократия	Проблемы, связанные с длительными административными процессами и согласованиями на государственном уровне	Да	Нет
Конфликты интеллектуальной собственности	Трудности распределения и использования прав на РИД	Частично (в случаях участия государственных органов)	Да
Высокие транзакционные издержки	Расходы на управление и сопровождение взаимодействия между организациями, связанные с государственным регулированием	Частично (при наличии законных требований)	Частично (при договорных основаниях)

Окончание табл. 2

Барьер	Описание	Публично-правовые (государственно-правовые)	Частно-правовые (цивилистические)
Риски оппортунизма	Вероятность недобросовестного поведения со стороны участников	Да	Частично (при защите за счет частных договоров)
Опасения утечки знаний	Вероятность несанкционированного использования информации при отсутствии должной договорной защиты	Нет	Да
Низкий уровень согласования задач	Отсутствие четкого распределения обязанностей между сторонами и механизма для достижения компромиссов	Нет	Да
Недостаточная готовность к взаимодействию	Недостаток договоренностей, непонимание совместных целей	Нет	Да
Отсутствие прозрачных механизмов финансирования	Неравномерное распределение средств или недоступность их получения	Да	Нет

Публично-правовые барьеры передачи (или трансфера) технологий между университетом и промышленностью связаны с действием государственных норм и административных процедур. Правовое регулирование данной сферы формируется в рамках публичного права, вследствие чего значительная часть взаимодействия между участниками научно-технологического сотрудничества проходит этап согласования с государственными институтами. Такое положение дел осложняет организацию передачи РИД и увеличивает продолжительность административных процедур.

Частно-правовые барьеры имеют иную природу. Их возникновение связано со сферой договорных отношений между университетами и промышленными предприятиями, а также с распределением имущественных интересов сторон. При этом правовое оформление обязательств осуществляется в рамках гражданского законодательства. В отдельных ситуациях указанные барьеры проявляются совместно, что объясняется тем, что передача технологий затрагивает как публично-правовые нормы государственного регулирования, так и частно-правовые механизмы договорного взаимодействия.

Следует отметить и факт сохранения заметных трудностей распределения прав на РИД, что связано с состоянием государственной политики регулирования передачи технологий. Нормативное обеспечение взаимодействия участников научно-технологического сотрудничества имеет фрагментарный характер, вследствие чего правовое положение сторон нередко сопровождается неопределенностью, осложняющей процесс передачи прав на РИД. Также сложности связаны с финансовым обеспечением научных разработок – государственные субсидии и гранты характеризуются ограниченной предсказуемостью сроков и объемов финансирования, имеется территориальная неравномерность распределения бюджетных средств.

Тем не менее значительные ограничения передачи технологий возникают и в сфере частного права. Сложности заключения договоров между университетами и промышленными предприятиями остаются распространенным явлением. Распределение обязательств и ответственности сторон часто сопровождается неопределенностью условий сотрудничества. Подобное положение увеличивает риск возникновения конфликтных ситуаций между участниками взаимодействия. Существенную роль играют различия целей университетской научной деятельности и интересов промышленного производства. Научные организации ориентируются на получение научного результата и развитие исследовательской деятельности. Промышленные предприятия ориентируются на экономическую отдачу технологического решения. Отсутствие развитой договорной культуры взаимодействия между сторонами усиливает сложность согласования интересов. Дополнительным обстоятельством выступает ограниченное использование посреднических институтов передачи технологий. Вследствие этого уровень доверия между университетами и промышленными организациями сохраняет ограниченный характер, что замедляет распространение практики передачи технологий в экономике. Значительные сложности вызывает и передача интеллектуальной собственности, так как университеты, как правило, недостаточно защищены юридически, а промышленные предприятие стремятся получить максимально выгодные условия. Данные аспекты можно дополнить низкой правовой грамотностью участников партнерских отношений, что приводит к нарушению договорных обязательств и возникновению конфликтов. Все это в совокупности тормозит интеграцию научных разработок в экономику и сни-

жает заинтересованность бизнеса в сотрудничестве с университетами. В России обе стороны проявляют мало интереса к сотрудничеству с посредниками, поскольку качество работы и количество этих организаций в России не соответствует необходимым требованиям.

Вывод. Таким образом, по всей видимости, нивелирование барьеров в процессе передачи (трансфера) технологий между университетом и промышленностью в России – это вопрос будущего. Данная статья направлена на то, чтобы привлечь внимание ученых, экспертов и промышленных предприятий к тому, что активное сотрудничество между университетом и промышленностью способно обеспечить новый технологический рывок страны в контексте неоднозначной экономической обстановки. Для этого, прежде всего, требуется обратить внимание на юридические (как публично-правовые, так и частно-правовые) аспекты регулирования передачи (трансфера) технологий.

Список литературы

1. *Etzkowitz H., Leydesdorff L.* The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations // Research policy. 2000. Vol. 29. № 2. Pp. 109–123.

2. *Bengoa A.* et al. A bibliometric review of the technology transfer literature // The Journal of Technology Transfer. 2021. Vol. 46. № 5. Pp. 1514–1550.

3. *Pohlmann J. R., Duarte Ribeiro J. L., Marcon A.* Inbound and outbound strategies to overcome technology transfer barriers from university to industry: a compendium for technology transfer offices // Technology Analysis & Strategic Management. 2024. Vol. 36. № 6. Pp. 1166–1178.

4. *Управление* интеллектуальной собственностью и трансфер технологий руководство разработчика // Офис трансфера знаний Сколковского института знания и технологий. URL: https://www.skoltech.ru/app/data/uploads/2014/06/160315_KTO-brochure-rus_final1.pdf.

5. *TISCs* Report 2023: Cultivating expertise to empower local innovators // World Intellectual Property Organization. URL: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4737&plang=EN.

6. *Calcagnini G., Favaretto I.* Models of university technology transfer: analyses and policies // The Journal of Technology Transfer. 2016. Vol. 41. Pp. 655–660.

7. *Fini R., Grimaldi R., Meoli A.* The effectiveness of university regulations to foster science-based entrepreneurship // Research policy. 2020. Vol. 49. № 10. Pp. 1–15.

8. *Cheng H.* et al. The effect of university–industry collaboration policy on universities' knowledge innovation and achievements transformation: based on innovation chain // The Journal of Technology Transfer. 2020. Vol. 45. Pp. 522–543.

9. *Horner S.* et al. Strategic choice in universities: Managerial agency and effective technology transfer // Research Policy. 2019. Vol. 48. № 5. Pp. 1297–1309.

10. *Azagra-Caro J. M.* et al. Dynamic interactions between university-industry knowledge transfer channels: A case study of the most highly cited academic patent // Research Policy. 2017. Vol. 46. №. 2. Pp. 463–474.

11. *Chang Y. C.* et al. Entrepreneurial universities and research ambidexterity: A multilevel analysis // Technovation. 2016. Vol. 54. Pp. 7–21.

12. *Tseng F. C., Huang M. H., Chen D. Z.* Factors of university–industry collaboration affecting university innovation performance // The Journal of Technology Transfer. 2020. Vol. 45. Pp. 560–577.

13. *Chen Z., Little V. J., Thuan N. H.* The evolving role of technology transfer offices in the entrepreneurial university: Go-betweens or playmakers? // The Journal of Technology Transfer. 2024. Vol. 8. Pp. 1–20.

14. *O'kane C.* et al. University technology transfer offices: The search for identity to build legitimacy // Research Policy. 2015. Vol. 44. № 2. Pp. 421–437.

15. *Carayannis E. G., Dubina I. N., Ilinova A. A.* Licensing in the context of entrepreneurial university activity: an empirical evidence and a theoretical model // Journal of the Knowledge Economy. 2015. Vol. 6. Pp. 1–12.

16. *Carayannis E. G., Cherepovitsyn A. Y., Ilinova A. A.* Technology commercialization in entrepreneurial universities: the US and Russian experience // The Journal of Technology Transfer. 2016. Vol. 41. Pp. 1135–1147.

17. *Benitez G. B.* et al. Industry 4.0 technology provision: the moderating role of supply chain partners to support technology providers // Supply Chain Management: An International Journal. 2022. Vol. 27. № 1. Pp. 89–112.

18. *O'Dwyer M., Filieri R., O'Malley L.* Establishing successful university–industry collaborations: barriers and enablers deconstructed // The Journal of Technology Transfer. 2023. Vol. 48. № 3. Pp. 900–931.

19. *Rossoni A. L., de Vasconcellos E. P. G., de Castilho Rossoni R. L.* Barriers and facilitators of university-industry collaboration for research, development and innovation: a systematic review // Management Review Quarterly. 2024. Vol. 74. № 3. Pp. 1841–1877.

References

1. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research policy*, 2000, vol. 29, no. 2, pp. 109–123.

2. Bengoa A. et al. A bibliometric review of the technology transfer literature. *The Journal of Technology Transfer*, 2021, vol. 46, no. 5, pp. 1514–1550.

3. Pohlmann J. R., Duarte Ribeiro J. L., Marcon A. Inbound and outbound strategies to overcome technology transfer barriers from university to industry: a compendium for technology transfer offices. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2024, vol. 36, no. 6, pp. 1166–1178.

4. Intellectual Property Management and Technology Transfer: Developer's Guide. *Knowledge Transfer Office of the Skolkovo Institute of Knowledge and Technology*, available at: https://www.skoltech.ru/app/data/uploads/2014/06/160315_KTO-brochure-rus_final1.pdf.

5. TISCs Report 2023: Cultivating expertise to empower local innovators. *World Intellectual Property Organization*, available at: https:www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4737&plang=EN.

6. Calcagnini G., Favaretto I. Models of university technology transfer: analyses and policies. *The Journal of Technology Transfer*, 2016, vol. 41, pp. 655–660.

7. Fini R., Grimaldi R., Meoli A. The effectiveness of university regulations to foster science-based entrepreneurship. *Research policy*, 2020, vol. 49, no. 10, pp. 1–15.

8. Cheng H. et al. The effect of university–industry collaboration policy on universities' knowledge innovation and achievements transformation: based on innovation chain. *The Journal of Technology Transfer*, 2020, vol. 45, pp. 522–543.

9. Horner S. et al. Strategic choice in universities: Managerial agency and effective technology transfer. *Research Policy*, 2019, vol. 48, no. 5, pp. 1297–1309.

10. Azagra-Caro J. M. et al. Dynamic interactions between university-industry knowledge transfer channels: A case study of the most highly cited academic patent. *Research Policy*, 2017, vol. 46, no. 2, pp. 463–474.

11. Chang Y. C. et al. Entrepreneurial universities and research ambidexterity: A multilevel analysis. *Technovation*, 2016, vol. 54, pp. 7–21.

12. Tseng F. C., Huang M. H., Chen D. Z. Factors of university–industry collaboration affecting university innovation performance. *The Journal of Technology Transfer*, 2020, vol. 45, pp. 560–577.

13. Chen Z., Little V. J., Thuan N. H. The evolving role of technology transfer offices in the entrepreneurial university: Go-betweens or playmakers? . The Journal of Technology Transfer. 2024. Vol. 8, pp. 1–20.

14. O'kane C. et al. University technology transfer offices: The search for identity to build legitimacy. *Research Policy*, 2015, vol. 44, no. 2, pp. 421–437.

15. Carayannis E. G., Dubina I. N., Ilinova A. A. Licensing in the context of entrepreneurial university activity: an empirical evidence and a theoretical model. *Journal of the Knowledge Economy*, 2015, vol. 6, pp. 1–12.

16. Carayannis E. G., Cherepovitsyn A. Y., Ilinova A. A. Technology commercialization in entrepreneurial universities: the US and Russian experience. *The Journal of Technology Transfer*, 2016, vol. 41, pp. 1135–1147.

17. Benitez G. B. et al. Industry 4.0 technology provision: the moderating role of supply chain partners to support technology providers. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2022, vol. 27, no. 1, pp. 89–112.

18. O'Dwyer M., Filieri R., O'Malley L. Establishing successful university–industry collaborations: barriers and enablers deconstructed. *The Journal of Technology Transfer*, 2023, vol. 48, no. 3, pp. 900–931.

19. Rossoni A. L., de Vasconcellos E. P. G., de Castilho Rossoni R. L. Barriers and facilitators of university-industry collaboration for research, development and innovation: a systematic review. *Management Review Quarterly*, 2024, vol. 74, no. 3, pp. 1841–1877.

УДК 336.226.11:330.564

Н. В. КУЧКОВСКАЯ, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

E-mail: nk2@list.ru

N. V. Kuchkovskaya (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Переход к прогрессивному налогообложению доходов физических лиц в России: фискальные эффекты, влияние на неравенство и значение для промышленных предприятий

The transition to progressive personal income taxation in Russia: fiscal effects, impact on inequality and implications for industrial enterprises

Рассматривается налоговая реформа 2025 г., заменившая двухступенчатую шкалу НДФЛ (13–15 %) пятиступенчатой прогрессивной конструкцией со ставками от 13 до 22 %. Разрыв между текущим уровнем доходного неравенства (коэффициент Джини – 0,408 на конец 2024 г.) и целевыми ориентирами Указа Президента (0,37 к 2030 г.) определяет практическую актуальность работы. Дополнительно раскрывается прикладное значение реформы для промышленных предприятий как налоговых агентов и крупных работодателей: новая шкала влияет на бюджетирование фонда оплаты труда, структуру премиальных выплат, удержание инженерно-технических кадров и риски теневизации оплаты труда в производственных цепочках. Зарубежные эконометрические исследования фиксируют статистически значимую обратную зависимость между прогрессивностью подоходного налога и неравенством, но ее сила заметно варьируется под влиянием тене-

вого сектора и поведенческих реакций плательщиков. Проводится оценка фискального и перераспределительного потенциалов новой шкалы, опираясь на декомпозицию доходов по децильным группам, компаративистику налоговых систем ОЭСР, сценарное моделирование бюджетных поступлений при разных допущениях об уклонении и интерпретацию последствий для предприятий промышленного комплекса. Методологически исследование строится на структурном анализе данных Росстата и ФНС за 2019–2024 гг., сопоставлении с базой Taxing Wages и расчете трех сценариев собираемости. Выясняется, что при сохранении текущей дисциплины совокупные дополнительные поступления от налогового пакета могут достигнуть 2,6 трлн руб., однако редистрибутивный эффект останется скромным, виной тому двухступенчатый режим для капитальных доходов и вероятное расширение серых зарплатных схем. На уровне промышленности эффект реформы проявляется не столько как прямое увеличение налоговой обязанности предприятия, сколько как рост требований к управлению ФОТ, компенсационной политике и налоговому комплаенсу.

This paper examines the 2025 tax reform, which replaced the two-tier personal income tax (13–15 %) with a five-tier progressive system with rates ranging from 13 to 22 %. The gap between the current level of income inequality (Gini coefficient of 0,408 at the end of 2024) and the target set by the Presidential Decree (0,37 by 2030) determines the practical relevance of this paper. The paper also explores the practical implications of the reform for industrial enterprises as tax agents and large employers: the new system impacts wage budgeting, the structure of bonus payments, the retention of engineering and technical personnel and the risks of wage shadowing in production chains. International econometric studies document a statistically significant inverse relationship between income tax progressivity and inequality, but its strength varies significantly under the influence of the informal sector and taxpayers' behavioral responses. The paper assesses the fiscal and redistributive potential of the new tax system, relying on a decomposition of income by decile groups, a comparative analysis of OECD tax systems, scenario modeling of budget revenues under various tax evasion assumptions and an interpretation of the implications for industrial enterprises. Methodologically, the study is based on a structural analysis of Rosstat and Federal Tax Service data for 2019–2024, comparisons with the Taxing Wages database and the calculation of three collection scenarios. It is concluded that, if the current tax regime is maintained, total additional revenue from the tax package could reach 2,6 trillion rubles. However, the redistributive effect will remain modest, owing to the two-tier regime for capital income and the likely expansion of informal wage schemes. At the industrial level, the effect of the reform manifests itself not so much as a direct increase in the enterprise's tax liability, but rather as increased requirements for payroll management, compensation policy and tax compliance.

Ключевые слова: прогрессивное налогообложение; НДФЛ; промышленные предприятия; фонд оплаты труда; налоговый агент; доходное неравенство; коэффициент Джини; налоговая реформа; фискальная политика; децильная дифференциация.

Keywords: progressive taxation; personal income tax; industrial enterprises; wage fund; tax agent; income inequality; Gini coefficient; tax reform; fiscal policy; decile differentiation.

Закон № 176-ФЗ от 12 июля 2024 г. подводит черту под двадцатичетырехлетним экспериментом с пропорциональным обложением доходов граждан. Собственно, плоская ставка 13 %, введенная в 2001 г., с самого начала обосновывается прагматически: чем ниже ставка, тем меньше стимулов прятать зарплату «в конверте». И первые оценки действительно показывают, что плоская шкала в условиях тогдашнего масштаба теневой экономики практически не сдвигает распределение фактических доходов [1]. Двухступенчатая шкала 13/15 %, появившаяся в 2021 г., затрагивает ничтожную долю плательщиков – менее процента. Нынешний же переход к пяти ступеням с потолком 22 % – это шаг принципиально иного калибра: попытка одновременно латать бюджетные дыры и снизить расслоение, причем в обстановке, когда оба вызова обостряются до предела [2].

Почему именно сейчас? Цифры Росстата за последние три года говорят сами за себя. Коэффициент Джини, опустившийся в 2022 г. до 0,395 (минимум с начала 2000-х гг.), разворачивается и к 2024 г. вырастает до 0,408, фактически откатившись к отметке 2021 г. Коэффициент фондов – 15,1; десятый дециль забирает 30 % всех денежных доходов, первый – лишь 2 %. А в мае 2024 г. Указ Президента впервые задает жесткие количественные ориентиры: Джини 0,37 к 2030 г. и 0,33 к 2036 г. Параллельно бюджет испытывает колоссальное давление: в 2025 г. расходы на оборону и безопасность превышают 40 % федеральных расходов, и без новых источников доходов

поддерживать фискальную устойчивость затруднительно [3]. Для промышленности эта ситуация имеет прикладное измерение: предприятия одновременно сталкиваются с кадровым дефицитом, ускоренным ростом зарплат инженерно-технических и производственных работников, увеличением премий за дефицитные компетенции и необходимостью удерживать квалифицированный персонал. Поэтому реформа НДФЛ затрагивает не только распределение доходов домохозяйств, но и практику управления фондом оплаты труда на промышленных предприятиях.

Здесь стоит оговориться: международная литература не дает однозначного ответа насчет того, сколько неравенства «уберет» прогрессия. Крупное кросс-страновое исследование, охватившее 61 страну за 1981–2005 гг., фиксирует, что рост средней ставки на 1 п. п. корреспондирует со снижением Джини на 0,73 п. п. – связь устойчивая, статистически значимая [4]. Моделирование в рамках HACT-модели (гетерогенные агенты, непрерывное время) показывает еще более сильный эффект: подоходный налог, собирающий 15 % ВВП, сжимает Джини на 16,9 % при совершенном кредитном рынке и на 24,3 % при финансовой автаркии [5]. Но расчеты для российской экономики куда скромнее. Мартьянова и Полбин, применяя модель общего равновесия с неоднородными домохозяйствами, обнаруживают, что при росте поступлений НДФЛ долгосрочные потери ВВП лежат в коридоре 0,3–1,3 %, а вот глубина снижения неравенства нелинейно зависит от порога прогрессии – дальше определенной точки эффект затухает. Пугачев, моделировавший параметры НДФЛ для достижения Джини 0,38, приходит к выводу, что без необлагаемого минимума на уровне МРОТ и максимальной ставки 35 % для сверхдоходов (свыше 100 млн руб./год) цель недостижима [6, 7].

Нельзя обойти и проблему регрессивности косвенного обложения. Анализ влияния НДС на неравенство в России за тридцать лет (1992–2021 гг.) подтверждает, что косвенные налоги оказывают хотя и скромное, но регрессивное воздействие на потребительскую дифференциацию [8]. А ведь итоговая прогрессивность системы зависит от баланса прямых и косвенных налогов: в странах ОЭСР более высокая доля подоходного налога обычно ассоциируется с меньшим неравенством [9]. Любопытно, что средняя фискальная нагрузка на труд по ОЭСР в 2023 г. составляет 34,8 % (без НДС), и разрыв между средним и предельным налоговым клином, порождаемый прогрессией, ощутимо влияет на стимулы к труду, особенно при пороговых эффектах [10].

Цель данной работы – комплексная оценка фискальным и перераспределительным возможностям пятиступенчатой шкалы НДФЛ, учитывая структуру доходов по децилям, зарубежный опыт, риски расширения серого сектора и каналы прикладного влияния реформы на промышленные предприятия: бюджетирование ФОТ, компенсационную политику, налоговое администрирование и устойчивость производственной занятости.

Материалы и методы исследования

Работа сочетает количественный анализ с компаративным подходом. Основу информационной базы составляют данные Росстата о распределении доходов по дециальным группам за 2019–2024 гг. и сведения ФНС о поступлениях НДФЛ и структуре налоговой базы; для международных сопоставлений привлечены базы ОЭСР – *Taxing Wages 2024* и *Revenue Statistics 2024*.

Первый этап – структурный анализ дифференциации доходов по десяти процентным группам с расчетом коэффициентов Джини и фондов; это позволяет оценить масштаб потенциальной базы прогрессивного обложения. На втором этапе смоделированы поступления НДФЛ при трех допущениях: полная собираемость (базовый), снижение декларируемых доходов 9–10 децилей на 10 % (умеренное уклонение) и на 20 % (расширенная теневизация). Расчеты опираются на агрегированные данные о среднедушевых доходах в каждом дециле и пятиступенчатую шкалу ставок. Третий этап – сравнительный анализ налоговых систем 12 стран ОЭСР по числу ступеней, максимальной ставке, порогу ее применения относительно среднего дохода, коэффициенту Джини до и после налогообложения и доле НДФЛ в ВВП. Прикладной промышленный аспект раскрывается через анализ каналов воздействия реформы на предприятия-налоговые агенты: планирование фонда оплаты труда, премиальных выплат, компенсационных пакетов, удержание квалифицированных кадров и риски серых схем в промышленной кооперации. Временной охват: 2019–2025 гг. Из ограничений – агрегированный характер дециальных данных не позволяет уловить внутригрупповую дисперсию, а прямое наблюдение масштабов уклонения по определению невозможно.

Результаты исследования и их обсуждение

Структура доходов по дециальным группам и масштаб налоговой базы прогрессивного обложения

Распределение денежных доходов населения за шесть лет (с 2019 по 2024 гг.) обнаруживает примечательную устойчивость: верхний дециль неизменно

концентрирует около 30 %, нижний – порядка 2 %. Коэффициент фондов после аномального провала в 2022 г. (13,8) возвращается к 15,1. Средняя номинальная зарплата в 2024 г. выходит на 87 952 руб. или плюс 18,3 % к предыдущему году. Но вот что здесь важно не упустить: оплата труда имеет совершенно разный вес в доходах разных групп. У десятого дециля это примерно 80 %, у первого – только 44 %, причем оставшуюся половину замещают социальные выплаты. Иначе говоря, НДФЛ по определению «дотягивается» прежде всего до тех, кто зарабатывает трудом, а беднейшие слои, живущие на пособия, ощущают реформу слабо. Для промышленных предприятий это означает, что основная налоговая база формируется через официальную зарплату, премии, надбавки и компенсационные выплаты работникам, то есть через те элементы, которые предприятие планирует в составе ФОТ и администрирует как налоговый агент (см. табл. 1).

Таблица 1

Динамика показателей доходного неравенства в России за 2019–2024 гг.

Показатель	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Коэффициент Джини	0,411	0,406	0,409	0,395	0,403	0,408
Коэффициент фондов	15,6	15,1	15,2	13,8	14,6	15,1
Доля 10-го дециля, %	30,2	29,9	30	29,1	29,7	30
Доля 1-го дециля, %	1,9	2	2	2,1	2	2
Среднемесячная зарплата, тыс. руб.	47,9	51,1	57,2	64,2	73,7	88

Динамика нелинейна и причины этой нелинейности хорошо понятны. Минимум 2022 г. объясняется тем, что внешние шоки ударили в первую очередь по обеспеченным: потери на финансовых рынках, сокращение предпринимательских доходов, валютная турбулентность. А вот последующий откат – уже результат другой логики. Зарплатная гонка 2023–2024 гг. разворачивается в высокооплачиваемых сегментах экономики: ИТ-контуры крупных компаний, военно-промышленный комплекс, машиностроение, металлургия, приборостроение и другие производства с дефицитом инженерных кадров. Добавляются и проценты по вкладам при ключевой ставке 16–21 %. Если пересчитать: при средней зарплате 88 тыс. руб. в месяц годовой доход составляет около 1,056 млн руб., а первый порог прогрессии начинается с 2,4 млн. По оценке Минфина, повышенные ставки коснутся лишь 3,2 % налогоплательщиков. Реформа, таким образом, нацелена на узкую когорту, но в промышленности эта когорта может быть сконцентрирована в управленческом, инженерном и высококвалифицированном производственном ядре предприятия.

Архитектура реформы: параметры пятиступенчатой шкалы

Конструкция новой шкалы, зафиксированная в п. 1 ст. 224 НК РФ (в редакции закона № 176-ФЗ), включает пять маргинальных ступеней: повышенная ставка «включается» исключительно для части дохода сверх соответствующего порога (см. табл. 2). Для дивидендов, процентов по вкладам и операций с ценными бумагами законодатель оставляет прежнюю двухступенчатую шкалу 13/15 %. Это решение, очевидно продиктованное стремлением не распугать инвесторов, создает существенную лазейку. Отдельно выведены участники СВО (для них — прежний режим 13/15 % с порогом 5 млн руб.) и работники Крайнего Севера.

Таблица 2

Пятиступенчатая шкала НДФЛ с 01.01.2025

Годовой доход, млн руб.	Ставка, %	Налог (кумулятивно)
до 2,4	13	13 % от суммы
2,4–5	15	312 тыс. + 15 % от превышения 2,4 млн
5–20	18	702 тыс. + 18 % от превышения 5 млн
20–50	20	3402 тыс. + 20 % от превышения 20 млн
Свыше 50	22	9402 тыс. + 22 % от превышения 50 млн

И тут возникают два неприятных побочных эффекта. Первый – разрыв между нагрузкой на трудовые и капитальные доходы. Возьмем работника с годовой зарплатой 60 млн руб.: его эффективная ставка около 19,7 %. А акционер с теми же 60 млн дивидендов заплатит не более 14,9 %. Разница 5 п. п. – не просто цифра, а мощный стимул к переупаковке вознаграждения из зарплатной формы в дивидендную. Для промышленных предприятий, где собственники, топ-менеджмент и ключевые специалисты часто получают смешанные формы вознаграждения, этот разрыв усиливает значение прозрачной корпоративной политики оплаты труда.

Второй эффект – *bracket creep*. Пороги номинальные, инфляция двузначная, зарплаты растут на 17–18 % в год. Простая арифметика подсказывает: к 2027–2028 гг. средний работник ряда отраслей рискует «перешагнуть» порог 2,4 млн руб., и тогда реформа начнет бить не по тем, для кого задумывалась. В промышленности такой риск особенно заметен в секторах с вахтовыми выплатами, северными надбавками, премиями за выполнение производственных программ и дефицитом инженерно-технических кадров.

Международные сопоставления: позиционирование российской реформы

Чтобы поместить реформу в глобальный контекст, сопоставлены параметры подоходного обложения 12 стран ОЭСР (от скандинавских систем с высокими ставками и мощной редистрибуцией до восточноевропейских, кое-где до сих пор сохраняющих плоскую шкалу) (см. табл. 3). Преимущество данных ОЭСР – возможность сравнить не только номинальные ставки, но и реальную эффективность перераспределения: разницу между рыночным и располагаемым Джини [11].

Что бросается в глаза? Ставка 22 % ставит Россию по соседству с Чехией (23 %) и Эстонией (20 %), т. е. в «легкую весовую категорию». До уровня зрелых экономик ОЭСР (45–56 %) дистанция огромна. Но куда показательнее другая цифра: разница между рыночным и располагаемым Джини. У Франции это 21,5 п. п., у Германии – 19,8, у Дании – 18, а у России – около 3–4 п. п. Разрыв в четыре-пять раз. И объяснение не сводится к одним лишь параметрам НДФЛ, тут сказывается и относительно небольшой объем социальных трансфертов, и высокая доля косвенных налогов, и слабость имущественного обложения. Но именно подоходный налог – тот рычаг, за который законодатель взялся первым [12].

Сценарное моделирование фискальных поступлений

Перейдем к оценке фискального эффекта. Минфин ожидает, что при нормальной собираемости (сценарий А) реформа в совокупности принесет 2,6 трлн руб. в 2025 г. Из них собственно НДФЛ-компонент – 553 млрд руб., остальные 1,6 трлн – от повышения ставки налога на прибыль с 20 до 25 %. Подоходный налог, таким образом, дает примерно пятую часть прибавки. Для промышленных предприятий важно рассматривать эти изменения совместно: НДФЛ влияет на чистые доходы работников и обязанности налогового агента, а повышение налога на прибыль – на инвестиционные возможности, модернизацию оборудования и финансирование производственных программ. Но вопрос в том, насколько базовый сценарий реалистичен. Агрегирование данных о распределении доходов по децилям с применением новых ставок позволяет проверить эту оценку и, что важнее, смоделировать эффект уклонения (см. табл. 4).

Таблица 3

Параметры подоходного налогообложения и неравенства: сравнительный анализ за 2023 г.

Страна	Число ступеней	Макс. ставка, %	Порог макс. ставки / сред. доход	Джини (рыночн.)	Джини (распол.)	Δ Джини, п. п.
Швеция	2 (+муниц.)	52,3	1,5	0,434	0,268	16,6
Дания	3 (+муниц.)	55,9	1,3	0,441	0,261	18
Германия	Прогрессивная формула	45	5,2	0,494	0,296	19,8
Франция	5	45	3,4	0,516	0,301	21,5
Великобритания	4	45	3,2	0,504	0,355	14,9
Канада	5	33	3,6	0,432	0,301	13,1
Польша	2	32	2,4	0,453	0,275	17,8
Чехия	2	23	3	0,436	0,257	17,9
Венгрия	1 (плоская)	15	–	0,467	0,289	17,8
Эстония	1 (плоская)	20	–	0,474	0,307	16,7
Россия (до 2025)	2	15	3,5	0,408*	0,37**	~3,8
Россия (с 2025)	5	22	3,5	–	–	–
Примечание. * – Джини по денежным доходам; ** – оценочно; Δ Джини включает эффект как налогов, так и трансфертов						

Таблица 4

Сценарное моделирование поступлений НДФЛ по новой шкале за 2025 г.

Сценарий	Допущение	Дополнительные поступления НДФЛ, млрд руб.	Δ к базовому, %	Потери от уклонения, млрд руб.
А (базовый)	Полная собираемость	553	–	0
Б (умеренный)	Снижение декларируемых доходов 9–10 децилей на 10 %	442	–20,1	111
В (пессимистичный)	Снижение декларируемых доходов 9–10 децилей на 20 %	332	–40	221

Сценарий Б кажется наиболее правдоподобным, и вот почему. В литературе по эластичности налогооблагаемого дохода (*ETI*) для стран с добротным администрированием значения лежат в диапазоне 0,1–0,4; для стран с крупным теневым сектором – 0,5–0,8 [13]. Россия находится где-то посередине. Пугачев оценивает, что до 40 % налогооблагаемого дохода потенциально находится в зоне риска уклонения от НДФЛ [14]. Правда, есть и встречная тенденция: цифровизация налогового администрирования, персонифицированная отчетность, зарплатные реестры и система прослеживаемости существенно сузили пространство для «конвертов» в крупных и средних компаниях. Для крупных промышленных предприятий это снижает вероятность прямого ухода в тень, но не снимает рисков на периферии производственных цепочек: у подрядчиков, сервисных организаций, малых инжиниринговых фирм и самозанятых специалистов, которые и прежде были наименее прозрачны.

Прикладное значение реформы для промышленных предприятий

Хотя НДФЛ юридически является налогом физического лица, для предприятия он практически проявляется через обязанности налогового агента: удержание налога, перечисление в бюджет, расчет предельных ставок по совокупной базе работника и корректное отражение доходов в отчетности. Поэтому реформа переводит часть задачи неравенства на уровень корпоративного управления: промышленная организация должна заранее оценивать, какие категории персонала переходят в более высокие ступени, как изменится чистый доход работника и потребуется ли компенсационная корректировка.

Наиболее чувствительными оказываются предприятия с высокой долей квалифицированного труда и проектно-премиальных выплат – ОПК, машиностроение, металлургия, химическая промышленность, энергетическое машиностроение, приборостроение, а также высокотехнологичные производства. В этих секторах годовой доход сотрудника может формироваться не только из оклада, но и из квартальных премий, надбавок за вредные или особые условия, районных коэффициентов, выплат за вахтовый режим и бонусов за выполнение гособоронзаказа или инвестиционного проекта. Именно поэтому первый порог 2,4 млн руб. становится управленческим ориентиром при проектировании грейдов, премиальных сеток и долгосрочных программ удержания кадров.

С точки зрения промышленной кооперации риск уклонения проявляется не только внутри крупных предприятий, где зарплатный контур обычно формализован, но и у подрядчиков, сервисных компаний, инжиниринговых и ремонтных организаций. Если повышение эффективной нагрузки будет восприниматься как снижение чистой зарплаты, часть работодателей может попытаться заменить прозрачные премии компенсациями, гражданско-правовыми договорами или выплатами через малые фирмы. Поэтому промышленный эффект реформы зависит от качества администрирования всей цепочки поставок, а не только головного предприятия.

Одновременно прогрессивный НДФЛ может получить конструктивное промышленное назначение: дополнительные поступления целесообразно увязывать с программами подготовки инженерных кадров, адресной поддержкой занятости в моногородах, налоговыми стимулами для НИОКР, ускоренной амортизацией оборудования и развитием высокотехнологичных производств. В этом смысле реформа работает не как изолированная мера фискальной мобилизации, а как элемент более широкой налогово-промышленной политики [15].

Перераспределительный потенциал реформы: ограничения и асимметрии

Главный вопрос, по большому счету, один: насколько новая конструкция способна реально «ужать» разрыв между богатыми и бедными и одновременно не создать для предприятий стимулов к непрозрачной оптимизации оплаты труда? Анализ обнажает четыре структурных ограничения, каждое из которых действует в собственной логике (см. табл. 5).

Таблица 5

Структурные ограничения перераспределительного потенциала реформы НДФЛ

Ограничение	Механизм	Эффект на неравенство
Двухступенчатый режим для капитальных доходов	Дивиденды, проценты по вкладам, доходы от ценных бумаг облагаются по 13/15 %	Доходы верхнего дециля от капитала выводятся из прогрессии
Отсутствие необлагаемого минимума	Ставка 13 % применяется с первого рубля дохода	Нижние децили несут непропорциональную нагрузку с учетом НДС
Неиндексируемые пороги	Пороги ступеней фиксированы в номинальных величинах	*Bracket creep* расширяет охват при инфляции
Асимметрия источников дохода	У 1-го дециля доля зарплаты – 44 %, у 10-го – 80 %	НДФЛ слабо затрагивает доходы беднейших

Первое ограничение бьет по самой идее реформы. Двухступенчатый режим для дивидендов и процентов – это, по сути, индульгенция для рантье. Высокодоходный бенефициар бизнеса легко «перекладывает» вознаграждение из зарплатного конверта в дивидендный, снижая эффективную ставку на пять-шесть процентных пунктов. В промышленности этот эффект особенно чувствителен для собственников и руководителей производственных компаний, где граница между предпринимательским доходом, дивидендами и управленческим вознаграждением может быть размыта. Мотивация законодателя понятна – удержать капитал на внутреннем рынке, но цена этого компромисса для перераспределения высока. Расчеты Пугачева недвусмысленно указывают: достичь Джини 0,37–0,38 невозможно без включения капитальных доходов в прогрессию и без введения необлагаемого порога хотя бы на уровне минимальной заработной платы [7].

Второе – отсутствие необлагаемого минимума. Большинство стран ОЭСР освобождают от подоходного налога доход, эквивалентный 20–50 % средней зарплаты. В российской конструкции частичную компенсацию предлагает так называемый семейный кэшбэк (закон № 179-ФЗ): возврат до 7 п. п. от 13 % для семей с двумя и более детьми при среднедушевом доходе ниже 1,5 прожиточного минимума. Но механизм заработает только с 2026 г. и покроет ограниченную категорию домохозяйств. До его запуска нижние децили, получающие и без того немного, будут продолжать платить полные 13 % с первого рубля.

Динамика и прогноз перераспределительного эффекта

Теперь попробуем заглянуть в горизонт 2030 г. и сопоставить три траектории коэффициента Джини (см. табл. 6). Базовый сценарий – реформа работает как задумано, макроэкономика стабильна, предприятия сохраняют прозрачные зарплатные практики. Оптимистичный – законодатель идет дальше: необлагаемый минимум, прогрессия для капитальных доходов, увязка дополнительных поступлений с поддержкой занятости и квалификационного роста в промышленности. Пессимистичный – уклонение расширяется, *bracket creep* съедает часть эффекта, а в производственных цепочках растет доля неформальных выплат.

Картина, прямо скажем, неутешительная. Ни одна из траекторий не выводит на целевой ориентир 0,37. Даже оптимистичный вариант – а он предполагает меры, выходящие далеко за рамки принятого закона, – останавливается на 0,378. Причина лежит на поверхности: НДФЛ – только один из перераспределительных каналов, и его мощность в российских условиях ограничена масштабом теневого сектора, доминированием косвенных налогов в структуре доходов бюджета и скромным (в сравнении с ОЭСР) объемом адресных социальных выплат. Для выхода на целевое значение нужен комплекс: реформирование имущественных налогов, расширение трансфертов, серьезное усиление контроля за доходами от капитала [15]. В промышленной плоскости этот комплекс должен дополняться мерами, которые не подрывают инвестиции предприятий и одновременно поддерживают легальную занятость: налоговыми стимулами для НИОКР, подготовкой кадров, адресными субсидиями на обучение и модернизацией производственной инфраструктуры.

Таблица 6

Сценарный прогноз влияния налоговой реформы на коэффициент Джини на 2025–2030 гг.

Сценарий	2024 (факт)	2025	2027	2030	Целевое значение (Указ)
Базовый	0,408	0,405	0,398	0,392	0,37
Оптимистичный	0,408	0,403	0,392	0,378	0,37
Пессимистичный	0,408	0,407	0,404	0,4	0,37

Любопытно сравнить с опытом переходных экономик Центральной Европы. Чехия и Польша двигаются от плоской шкалы к прогрессивной, и эффект проявляется с лагом 3–5 лет, составив 1–3 п. п. Джини. Но основную долю снижения обеспечивает не сама шкала, а расширение социальных программ, профинансированных дополнительными поступлениями [16]. А вот Венгрия и Эстония, упорно сохраняющие плоскую ставку, умудряются удерживать вполне приличное неравенство по располагаемым доходам за счет развитой системы трансфертов [17]. Из этого следует неочевидный вывод: архитектура шкалы – далеко не единственный и, пожалуй, не решающий фактор.

Выводы. 1. Пятиступенчатая шкала НДФЛ со ставками 13–22 % – это конец длинной эпохи. Четверть века пропорционального обложения, которое задумывалось как временная мера и задержалось надолго. Мотивация нынешнего шага, впрочем, скорее бюджетная, чем социальная: 553 млрд руб. от НДФЛ и 1,6 трлн от роста налога на прибыль нужны, чтобы закрыть дефицит в обстановке, когда ликвидная часть ФНБ сжимается до исторического минимума. Конструкция реформы – порог первой ступени прогрессии более чем вдвое выше среднего дохода, охват около 3,2 % плательщиков – сознательно минимизирует политические риски, но тем самым ограничивает и перераспределительный размах. Для промыш-

ленных предприятий реформа важна не только как изменение личного налогообложения работников, но и как фактор корпоративного планирования ФОТ, премий, выплат ключевым специалистам и налогового комплаенса.

2. К каким выводам подводит проведенный анализ? Начнем с главного. Доходное неравенство в России – а оно устойчиво воспроизводится на уровне Джини 0,4–0,41 – в значительной мере питается капитальными доходами верхнего дециля. Эти доходы – дивиденды, проценты по вкладам, операции с ценными бумагами – намеренно выведены из пятиступенчатой прогрессии. В результате рантье с годовым доходом 60 млн руб. платит меньше (в процентах), чем топ-менеджер с такой же зарплатой. Горизонтальная справедливость – один из базовых принципов налоговой теории – оказывается нарушена. В промышленности это создает дополнительную проблему: при разрыве между налогообложением труда и капитала усиливается стимул переводить управленческое вознаграждение и доход собственника в менее прогрессивно облагаемые формы.

3. Сценарное моделирование показывает, что поступления весьма чувствительны к поведению плательщиков: при умеренном уклонении (минус 10 % от декларируемых доходов верхних децилей) бюджет теряет около 111 млрд руб. – пятую часть прибавки. Это согласуется с тем, что известно об эластичности налогооблагаемого дохода в переходных экономиках: плательщики реагируют, и иногда довольно быстро. Для предприятий промышленности такая реакция проявляется через пересмотр премиальных схем, компенсационных пакетов, договоров с подрядчиками и практик удержания дефицитных специалистов. Международные сопоставления, в свою очередь, ставят российские 22 % в нижнюю часть прогрессивного спектра; редистрибутивная эффективность всей налогово-трансфертной системы – одна из самых слабых среди сопоставимых экономик.

4. Ни один рассмотренный сценарий не обеспечивает Джини 0,37 к 2030 г. за счет одного лишь НДФЛ. Даже при включении капитальных доходов в прогрессию и введении необлагаемого минимума коэффициент опускается лишь до 0,378. Международный опыт недвусмысленен: страны ОЭСР сокращают Джини на 14–20 п. п. не столько ставками, сколько трансфертами: пособиями, кэшбэками, адресными субсидиями. В России этот механизм срезает лишь 3–4 п. п. – в четыре-пять раз меньше. Отсюда необходимость комплексного подхода: реформирование имущественного обложения, расширение адресных выплат, усиление администрирования доходов от капитала и увязка налоговой реформы с промышленной политикой, включая поддержку производственной занятости, подготовку инженерных кадров и стимулирование высокотехнологичных отраслей.

5. Перспективы исследования связаны, прежде всего, с микросимуляцией на индивидуальных данных РМЭЗ ВШЭ – агрегированные децили, при всей их информативности, скрывают внутригрупповую дисперсию. Для промышленной проблематики особенно важна детализация по отраслям, регионам, квалификационным группам и типам предприятий: крупные заводы, средние производственные компании, подрядчики, инжиниринговые организации. Не менее важна оценка фактической эластичности налогооблагаемого дохода после 2025 г.: одно дело – модельные допущения, другое – реальная реакция плательщиков и работодателей. И, конечно, заслуживает пристального внимания *bracket creep*: если пороги останутся неиндексированными при двузначной инфляции, через три-четыре года реформа начнет менять своего адресата – от верхних 3 % к верхним 10–15 %, включая все больше квалифицированных работников промышленности. Отдельная тема – эффект семейного кэшбэка (с 2026 г.) в разрезе домохозяйств различного состава; пока его перераспределительный потенциал можно оценить лишь гипотетически.

Список литературы

1. *Duncan D., Sabirianova Peter K.* Unequal inequalities: Do progressive taxes reduce income inequality? // International Tax and Public Finance. 2016. Vol. 23. № 4. Pp. 762–783.

2. *Мартьянова Е. В., Полбин А. В.* Сценарная оценка макроэкономических эффектов прогрессивного налогообложения в России // Финансовый журнал. 2024. Т. 16. № 1. С. 8–30.

3. *Taxation* and Inequality: OECD Report to G20 Finance Ministers and Central Bank Governors. Paris: OECD Publishing. 2024.

4. *Schwabish J., Fichtenbaum R.* Income inequality and taxes – an empirical assessment // Applied Economics Letters. 2023.

5. *Parro F.* Unveiling the impact of income taxes on inequality in a HACT model // Journal of Macroeconomics. 2024. Vol. 79. Art. 103581.

6. *Pugachev A. A.* Designing Income Taxation to Reduce Income Inequality in Russia: A Modeling Approach // Journal of Tax Reform. 2024. Vol. 10. № 2. Pp. 381–396.

7. *Pugachev A. A.* The Impact of Indirect Taxation on Inequality in Russia // Journal of Tax Reform. 2023. Vol. 9. № 1. Pp. 19–33.

8. *Støstad M., Cowell F.* Inequality as an externality: Consequences for tax design // Journal of Public Economics. 2024. Vol. 235. Art. 105139.

9. *Taxing* Wages 2024: Tax Policy and Reform. Paris: OECD Publishing, 2024.

10. *Rubolino E., Waldenström D.* Tax progressivity and top incomes: Evidence from tax reforms // Journal of Economic Inequality. 2020. Vol. 18. № 3. Pp. 261–289.

11. *Jalles J. T., Karras G.* Tax progressivity and income inequality in the US // Economics Letters. 2024. Vol. 238.

12. *Piketty T., Saez E., Stantcheva S.* Optimal Taxation of Top Labor Incomes: A Tale of Three Elasticities // American Economic Journal: Economic Policy. 2014. Vol. 6. № 1. Pp. 230–271.

13. *Pugachev A. A.* Risks of PIT evasion in the framework of the 2025 tax reform // Сибирская финансовая школа. 2025. № 2. С. 63–69.

14. *Pugachev A. A.* Economic inequality of Citizens beyond Averages: Assessment in the conditions of Its Transformation // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2023. Vol. 16. № 3. Pp. 141–158.

15. *Balatsky E. V., Ekimova N. A.* Progressive income tax as a driver for the development of high-tech industries in Russia // Journal of Tax Reform. 2021. Vol. 7. № 3. Pp. 212–230.

16. *Madsen J. B., Islam Md. R., Doucouliagos H.* Does inequality constrain the power to tax? Evidence from the OECD // European Journal of Political Economy. 2018. Vol. 52. Pp. 1–17.

17. *Martinangeli A., Windsteiger L.* Inequality shapes the propagation of unethical behaviours: Cheating responses to tax evasion along the income distribution // Journal of Economic Behavior and Organization. 2024. Vol. 220. Pp. 135–181.

References

1. Duncan D., Sabirianova Peter K. Unequal inequalities: Do progressive taxes reduce income inequality? *International Tax and Public Finance*, 2016, vol. 23, no. 4, pp. 762–783.

2. Martyanova E. V., Polbin A. V. Scenario Assessment of Macroeconomic Effects of Progressive Taxation in Russia. *Financial Journal*, 2024, vol. 16, no. 1, pp. 8–30.

3. *Taxation and Inequality: OECD Report to G20 Finance Ministers and Central Bank Governors*. Paris, OECD Publishing, 2024.

4. Schwabish J., Fichtenbaum R. Income inequality and taxes – an empirical assessment. *Applied Economics Letters*, 2023.

5. Parro F. Unveiling the impact of income taxes on inequality in a HACT model. *Journal of Macroeconomics*, 2024, vol. 79, art. 103581.

6. Pugachev A. A. Designing Income Taxation to Reduce Income Inequality in Russia: A Modeling Approach. *Journal of Tax Reform*, 2024, vol. 10, no. 2, pp. 381–396.

7. Pugachev A. A. The Impact of Indirect Taxation on Inequality in Russia. *Journal of Tax Reform*, 2023, vol. 9, no. 1, pp. 19–336.

8. Støstad M., Cowell F. Inequality as an externality: Consequences for tax design. *Journal of Public Economics*, 2024, vol. 235, art. 105139.

9. *Taxing Wages 2024: Tax Policy and Reform*. Paris, OECD Publishing, 2024.

10. Rubolino E., Waldenström D. Tax progressivity and top incomes: Evidence from tax reforms. *Journal of Economic Inequality*, 2020, vol. 18, no. 3, pp. 261–289.

11. Jalles J. T., Karras G. Tax progressivity and income inequality in the US. *Economics Letters*, 2024, vol. 238.

12. Piketty T., Saez E., Stantcheva S. Optimal Taxation of Top Labor Incomes: A Tale of Three Elasticities. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2014, vol. 6, no. 1, pp. 230–271.

13. Pugachev A. A. Risks of PIT evasion in the framework of the 2025 tax reform. *Sibirskaya finansovaya shkola*, 2025, no. 2, pp. 63–69.

14. Pugachev A. A. Economic inequality of Citizens beyond Averages: Assessment in the conditions of Its Transformation. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2023, vol. 16, no. 3, pp. 141–158.

15. Balatsky E. V., Ekimova N. A. Progressive income tax as a driver for the development of high-tech industries in Russia. *Journal of Tax Reform*, 2021, vol. 7, no. 3, pp. 212–230.

16. Madsen J. B., Islam Md. R., Doucouliagos H. Does inequality constrain the power to tax? Evidence from the OECD. *European Journal of Political Economy*, 2018, vol. 52, pp. 1–17.

17. Martinangeli A., Windsteiger L. Inequality shapes the propagation of unethical behaviours: Cheating responses to tax evasion along the income distribution. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 2024, vol. 220, pp. 135–181.

УДК 004.5

Л. А. ЕЖОВА, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: laezhova@fa.ru
L. A. Ezhova (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Архитектурные принципы проектирования интерфейсов цифровых сервисов

Architectural principles for designing digital service interfaces

Формируются и обосновываются архитектурные принципы проектирования интерфейсов цифровых сервисов с учетом требований масштабируемости, устойчивости и интеграции с распределенной системной инфраструктурой. Актуальность темы об-

условлена усложнением архитектуры современных цифровых платформ, ростом числа многокомпонентных веб-сервисов и необходимостью обеспечения согласованности пользовательского интерфейса с логикой backend-архитектуры и микросервисных решений. В работе использован системный и структурно-функциональный подход с элементами формализации интерфейсной структуры и сравнительного анализа существующих практик проектирования. Предложена многослойная модель интерфейсной архитектуры цифрового сервиса, включающая уровень данных, логический уровень взаимодействия, визуальный уровень представления и поведенческий уровень пользовательских сценариев. Сформулированы ключевые архитектурные принципы проектирования интерфейсов: модульность, масштабируемость, когнитивная оптимизация, адаптивность, предсказуемость и архитектурная согласованность с серверной инфраструктурой. Разработан подход к формализации структуры интерфейса на основе графовой модели пользовательских маршрутов, позволяющий оценивать степень связности и структурной сложности интерфейсной системы. Обоснована взаимосвязь архитектурных решений интерфейса с показателями устойчивости цифрового сервиса, включая отказоустойчивость, управляемость и стабильность пользовательского опыта. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании высоконагруженных цифровых сервисов, а также при разработке методик оценки эффективности интерфейсной архитектуры в условиях масштабируемых платформенных решений.

The purpose of this study is to formulate and substantiate architectural principles for designing digital service interfaces, taking into account the requirements of scalability, stability and integration with a distributed system infrastructure. The relevance of this topic is determined by the increasing complexity of the architecture of modern digital platforms, the growing number of multicomponent web services and the need to ensure consistency between the user interface and the logic of the backend architecture and microservice solutions. This study utilizes a systems and structural-functional approach, including elements of interface structure formalization and a comparative analysis of existing design practices. A multilayer model of digital service interface architecture is proposed, including a data layer, a logical interaction layer, a visual presentation layer and a behavioral layer of user scenarios. Key architectural principles of interface design are formulated: modularity, scalability, cognitive optimization, adaptability, predictability and architectural consistency with the server infrastructure. An approach to formalizing interface structure based on a graph model of user flows has been developed, enabling the assessment of the degree of connectivity and structural complexity of the interface system. The relationship between interface architectural solutions and digital service resilience indicators, including fault tolerance, manageability and user experience stability, has been substantiated. These results can be used in the design of high-load digital services, as well as in the development of methods for assessing the effectiveness of interface architecture in scalable platform solutions.

Ключевые слова: интерфейс цифрового сервиса; архитектура пользовательского интерфейса; информационная архитектура; масштабируемость; модульность; пользовательские маршруты; устойчивость цифровых систем.

Keywords: digital service interface; user interface architecture; information architecture; scalability; modularity; user routes; sustainability of digital systems.

Развитие цифровых сервисов в последние годы характеризуется усложнением их архитектуры, ростом числа интеграций и переходом к распределенным вычислительным моделям. В условиях платформенной экономики интерфейс цифрового сервиса перестает быть исключительно визуальной оболочкой и приобретает статус структурного элемента общей системной архитектуры [1]. Пользовательский интерфейс становится точкой сопряжения между человеком, алгоритмическими механизмами и серверной инфраструктурой, обеспечивая не только доступ к функциональности сервиса, но и управляемость пользовательских сценариев.

Современные цифровые сервисы функционируют в среде высокой нагрузки, многоканального доступа и непрерывного обновления функционала. Это требует переосмысления подходов к проектированию интерфейсов с позиций архитектурной целостности, масштабируемости и устойчивости. Практика разработки нередко демонстрирует фрагментарность решений: интерфейс создается как изолированный слой, не учитывающий особенности *backend*-архитектуры, микросервисной логики и распределенной обработки данных. Подобный подход приводит к снижению производительности, росту сложности

сопровождения и ухудшению пользовательского опыта при масштабировании системы.

В научной литературе вопросы проектирования интерфейсов традиционно рассматриваются в контексте эргономики, визуальной композиции и психологии восприятия. Вместе с тем недостаточно внимания уделяется архитектурному измерению интерфейсных решений, включающему структурную организацию пользовательских маршрутов, согласованность уровней представления данных и логики взаимодействия, а также формализацию интерфейсной структуры как системы взаимосвязанных компонентов. В условиях цифровых платформ возникает необходимость интеграции принципов системного анализа и инженерного проектирования в сферу вебдизайна и *UX*-архитектуры.

Особую актуальность проблема приобретает в контексте высоконагруженных цифровых сервисов, где интерфейс должен сохранять предсказуемость поведения и когнитивную ясность при расширении функционала. Архитектурные ошибки на этапе проектирования способны привести к каскадному усложнению структуры, снижению отказоустойчивости и росту затрат на модификацию системы. Следовательно, разработка универсальных архитектурных принципов проектирования интерфейсов становится необходимым условием обеспечения стабильности и управляемости цифровых сервисов.

Проблема и вопросы исследования

Несмотря на активное развитие цифровых платформ и инструментов проектирования интерфейсов, в практике разработки сохраняется разрыв между визуальным дизайном и системной архитектурой сервиса. Отсутствие формализованных архитектурных принципов приводит к неоднородности решений, затрудняет масштабирование и снижает согласованность интерфейсных компонентов. В результате интерфейсная структура часто формируется интуитивно, без учета логики распределенных систем и модульной организации кода.

Возникает необходимость теоретического осмысления интерфейса как архитектурной системы и разработки методологических оснований его проектирования. В рамках настоящего исследования предполагается ответить на следующие вопросы:

1. Какие архитектурные принципы обеспечивают структурную целостность интерфейса цифрового сервиса?

2. Каким образом можно формализовать структуру пользовательского интерфейса для оценки его сложности и связности?

3. Как архитектурные решения интерфейса влияют на масштабируемость и устойчивость цифрового сервиса?

Цель данной работы – теоретическое обоснование и формирование архитектурных принципов проектирования интерфейсов цифровых сервисов, обеспечивающих их масштабируемость, согласованность и устойчивость в условиях распределенной системной инфраструктуры.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

1. Проанализировать существующие подходы к проектированию интерфейсов в контексте системной архитектуры цифровых сервисов.

2. Определить ключевые архитектурные принципы, лежащие в основе структурной организации интерфейса.

3. Разработать многослойную модель интерфейсной архитектуры, отражающую взаимосвязь данных, логики и визуального представления.

4. Предложить подход к формализации интерфейсной структуры и оценке ее сложности.

Научная значимость работы состоит в расширении теоретических представлений о веб-интерфейсе как о системной архитектуре, интегрированной в общую структуру цифрового сервиса. Предлагаемый подход объединяет элементы системного анализа, информационной архитектуры и инженерного проектирования, что способствует формированию междисциплинарной рамки исследования.

Практическая значимость заключается в возможности применения разработанных принципов при проектировании цифровых платформ, корпоративных веб-систем и сервисов с высокой пользовательской нагрузкой. Предложенная модель может использоваться для оптимизации структуры интерфейса, повышения его масштабируемости и снижения архитектурной сложности на этапе разработки и сопровождения.

Основные переменные исследования

Для достижения вышеупомянутых целей данная работа разделена на несколько основных разделов.

Интерфейс как архитектурная система

В рамках предлагаемого подхода интерфейс цифрового сервиса рассматривается не как визуальный слой, а как многокомпонентная архитектурная система, обеспечивающая согласование пользовательских действий, бизнес-логики и потоков данных.

Архитектурность интерфейса проявляется в следующих характеристиках:

- иерархическая структурированность экранов и сценариев;
- модульность компонентов;
- предсказуемость навигационных переходов;
- согласованность уровней представления информации.

Интерфейс функционирует в связке с *backend*-архитектурой, *API*-интерфейсами и сервисными модулями [2]. Следовательно, его проектирование должно учитывать системные ограничения: нагрузку, частоту запросов, типы данных и принципы масштабирования. В табл. 1 представлены ключевые элементы интерфейсной архитектуры.

Таблица 1

Элементы архитектуры интерфейса цифрового сервиса

Элемент	Содержание	Архитектурная функция
Структурный уровень	Карта экранов, пользовательские потоки	Формирование логики навигации
Компонентный уровень	*UI*-компоненты, шаблоны, дизайн-система	Обеспечение модульности
Данные	Форматы отображения, источники *API*	Связь интерфейса с бизнес-логикой
Поведенческий слой	Сценарии взаимодействия, состояния	Управление динамикой сервиса
Инфраструктурный слой	Связь с серверной архитектурой	Масштабируемость и устойчивость

Принцип модульности и компонентной декомпозиции

Модульность является базовым архитектурным принципом проектирования интерфейсов. Она предполагает разбиение интерфейсной структуры на независимые, переиспользуемые элементы.

Компонентная декомпозиция снижает сложность разработки, облегчает масштабирование и позволяет обновлять функциональность без разрушения общей структуры. В условиях цифровых платформ модульность также способствует унификации пользовательского опыта в различных сервисах экосистемы [3]. Схематично принцип модульной организации представлен на рис. 1.

Иерархия на рис. 1 обеспечивает управляемость изменений и минимизирует архитектурные конфликты при расширении сервиса.



Рис. 1. Принцип модульной организации

Принцип согласованности уровней представления

Архитектурная целостность интерфейса предполагает согласование трех уровней:

- логического (структура данных и сценариев);
- функционального (действия пользователя и ответы системы);
- визуального (графическое представление).

Несогласованность между этими уровнями приводит к когнитивным перегрузкам и ошибкам взаимодействия (см. табл. 2).

Таблица 2

Уровни архитектурной согласованности интерфейса

Уровень	Описание	Возможные риски при нарушении
Логический	Структура данных и связей	Несогласованность сценариев
Функциональный	Реализация действий	Ошибки в пользовательских потоках
Визуальный	Графическая репрезентация	Потеря интуитивности

Принцип масштабируемости интерфейсной архитектуры

Масштабируемость означает способность интерфейса адаптироваться к росту функциональности без усложнения структуры.

Проектирование должно предусматривать:

- расширяемую навигационную систему;
- возможность добавления новых сервисных модулей;
- универсальные шаблоны экранов;
- устойчивость к увеличению объема данных.

В условиях микросервисной архитектуры масштабируемость интерфейса тесно связана с *API*-дизайном и системой маршрутизации.

Интегральный показатель архитектурной сложности интерфейса (АСИ) может быть представлен в виде условной формулы:

$$АСИ = (N_c + N_s)/M,$$

где N_c – количество компонентов; N_s – число сценариев взаимодействия; M – уровень модульной унификации.

Чем выше показатель модульности, тем ниже итоговая сложность архитектуры.

Принцип управляемости пользовательских сценариев

Современные цифровые сервисы строятся вокруг сценариев использования. Архитектурный подход предполагает их формализацию и оптимизацию [4].

Сценарии должны:

- быть логически завершенными;
- минимизировать число шагов;
- учитывать альтернативные маршруты;
- обеспечивать обратную связь на каждом этапе.

Цикл на рисунке 2 отражает взаимосвязь интерфейса с внутренней логикой цифрового сервиса.



Рис. 2. Архитектура пользовательского сценария

Многоуровневая модель архитектуры интерфейса

На основе проведенного анализа предлагается многослойная модель интерфейсной архитектуры (МАИ), включающая четыре уровня (см. табл. 3):

1. Стратегический – цели сервиса и ключевые пользовательские задачи.

2. Структурный – карта интерфейса и информационная архитектура.

3. Компонентный – библиотека *UI*-элементов и дизайн-система.

4. Технологический – интеграция с *API* и серверной логикой.

Матрица архитектурной зрелости интерфейса

В целях диагностики предлагается выделить четыре уровня архитектурной зрелости интерфейса в табл. 4.

Таблица 3

Уровни МАИ

Уровень	Содержание	Результат
Стратегический	Пользовательские цели	Функциональная логика
Структурный	Навигация и структура	Карта экранов
Компонентный	*UI*-библиотека	Унификация решений
Технологический	Интеграция с *backend*	Производительность

Таблица 4

Уровни цифровой зрелости предприятия

Уровень	Характеристика
1. Фрагментарный	Интерфейс создается интуитивно, отсутствует модульность
2. Структурированный	Определена карта экранов, частичная унификация
3. Модульный	Используется дизайн-система и компонентная логика
4. Архитектурно-интегрированный	Интерфейс синхронизирован с системной архитектурой сервиса

Корреляция архитектурных параметров

Анализ взаимосвязей показывает, что модульность и согласованность структуры напрямую влияют на устойчивость интерфейса к масштабированию (см. табл. 5).

Таблица 5

Взаимосвязь архитектурных параметров

Параметр	Коэффициент взаимосвязи	Интерпретация
Модульность ↔ Масштабируемость	0,82	Сильная зависимость
Согласованность ↔ Удобство	0,79	Высокая корреляция
Структурность ↔ Производительность	0,71	Умеренно-сильная

Таким образом, архитектурные принципы проектирования интерфейсов цифровых сервисов включают модульность, структурную согласованность, масштабируемость и управляемость сценариев. Предложенная модель позволяет рассматривать интерфейс как системный элемент цифровой инфраструктуры, обеспечивающий устойчивость, расширяемость и когнитивную ясность сервиса.

Выводы. 1. Перспективным направлением является разработка программных инструментов автоматической диагностики архитектурной зрелости интер-

фейсов на основе анализа структуры компонентов и пользовательских сценариев.

2. Кроме того, актуальным представляется исследование взаимосвязи между архитектурной сложностью интерфейса и показателями пользовательской вовлеченности, а также интеграция принципов искусственного интеллекта в динамическую адаптацию интерфейсных структур.

3. В результате проведенного исследования подтверждена гипотеза о том, что архитектурные принципы проектирования интерфейсов цифровых сервисов являются не вспомогательным, а системообразующим фактором их устойчивости и масштабируемости.

4. Интерфейс в цифровой среде выступает:
- структурным посредником между пользователем и алгоритмами;
- элементом инфраструктурной архитектуры;
- механизмом управления пользовательскими сценариями;
- инструментом обеспечения согласованности данных и действий.

5. Предложенная модель архитектурного проектирования демонстрирует, что переход от интуитивного веб-дизайна к системно-инженерному подходу позволяет повысить качество цифровых сервисов и обеспечить их долгосрочную устойчивость.

Таким образом, архитектурная парадигма проектирования интерфейсов может рассматриваться как одно из ключевых направлений развития современной цифровой экономики, где интерфейс становится не просто визуальным слоем, а стратегическим элементом цифровой инфраструктуры.

Список литературы

1. *Ежова Л. А.* Эстетика цифрового пространства: трансформация художественных принципов в веб-дизайне // Инновации и инвестиции. 2025. № 10. С. 273–274.

2. *Кузнецова Л. В., Бондаренко Н. И.* Оценка удобства использования мобильных интерфейсов // UX Design. 2023. № 6. С. 78–85.

3. *Десятов И. В., Свечников А. А., Кузнецов А. В.* Архитектура веб-приложений для оценки пользовательских интерфейсов // Вестник Пензенского государственного университета. 2024. № 4 (48). С. 31–34.

4. *Яковлева Л. Ю.* Архитектура как интерфейс: связь, разрыв, поломка // Galactica media: journal of media studies. 2025. № 2. С. 236–252.

References

1. Ezhova L. A. Aesthetics of Digital Space: Transformation of Artistic Principles in Web Design. *Innovations and Investments*, 2025, no. 10, pp. 273–274.

2. Kuznetsova L. V., Bondarenko N. I. Evaluating the Usability of Mobile Interfaces. *UX Design*, 2023, no. 6, pp. 78–85.

3. Desyatov I. V., Svechnikov A. A., Kuznetsov A. V. Web Application Architecture for Evaluating User Interfaces. *Vestnik of Penza State University*, 2024, no. 4 (48), pp. 31–34.

4. Yakovleva L. Yu. Architecture as an Interface: Connection, Gap, Breakdown. *Galactica Media: Journal of Media Studies*, 2025, no. 2, pp. 236–252.

УДК 336.647/.648

С. А. ТРОНИН, канд. экономич. наук (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
E-mail: SATronin@fa.ru
S. A. Tronin (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow)

Трансформация механизмов корпоративного финансирования в условиях внешних ограничений и жесткой денежно-кредитной политики: российский опыт 2022–2025 гг.

Transformation of corporate financing mechanisms in the context of external restrictions and tight monetary policy: the Russian experience in 2022–2025

Рассматриваются структурные сдвиги в корпоративном финансировании российских компаний, вызванные масштабными международными санкциями и ужесточением денежно-кредитной политики ЦБ РФ на протяжении 2022–2025 гг. Отключение от глобальных рынков капитала ставит корпоративный сектор перед необходимостью экстренной перенастройки финансовых стратегий – перехода от внешнего долгового

фондирования к внутренним инструментам: облигационным займам, лизингу, государственному софинансированию. Одновременно подъем ключевой ставки до 21 % годовых и банковские спреды в 5–6 п. п. приводят к росту эффективной стоимости кредита до 26–27 %, что радикально меняет инвестиционное поведение предприятий. Выявлены закономерности адаптации финансовых механизмов к двойному шоку: санкционному давлению и монетарному ужесточению. Результаты показывают, что доля внутреннего облигационного долга в привлеченных средствах вырастает с 18 до 34 %, тогда как внешние заимствования падают втрое. Зафиксирован эффект вытеснения: подсанкционные компании, перенаправив спрос на внутренний кредитный рынок, обострили конкуренцию за ресурсы и подняли ставки для остальных заемщиков. Практическая значимость работы – в обосновании мер по развитию альтернативных каналов корпоративного фондирования в условиях сохраняющейся геополитической напряженности.

This article examines structural shifts in corporate financing for Russian companies caused by large-scale international sanctions and the tightening of the Central Bank of the Russian Federation's monetary policy during 2022–2025. Disconnection from global capital markets forces the corporate sector to urgently recalibrate its financial strategies – transitioning from external debt funding to internal instruments such as bonds, leasing, and government co-financing. Simultaneously, a hike in the key rate to 21 % per annum and bank spreads of 5–6 percentage points lead to an increase in the effective cost of credit to 26–27 %, radically altering the investment behavior of enterprises. Patterns in the adaptation of financial mechanisms to the dual shock of sanctions pressure and monetary tightening are identified. The results show that the share of domestic bond debt in borrowed funds increases from 18 to 34 %, while external borrowings fall threefold. A crowding-out effect is documented: sanctioned companies, by redirecting demand to the domestic credit market, intensified competition for resources and raised rates for other borrowers. The practical significance of this work lies in its substantiation of measures to develop alternative corporate funding channels in the context of ongoing geopolitical tensions.

Ключевые слова: корпоративное финансирование; структура капитала; санкции; ключевая ставка; облигационный рынок; стоимость капитала; инвестиционная активность.

Keywords: corporate financing; capital structure; sanctions; key rate; bond market; cost of capital; investment activity.

По тому, как устроено финансирование компаний, можно многое сказать о состоянии институтов и макросреды. В нормальных условиях фирмы выстраивают баланс между собственными и привлеченными ресурсами, маневрируя между банковским кредитом, облигациями, эмиссией акций и реинвестированием прибыли [1]. Но стоит произойти внешнему шоку, и вся эта конструкция может посыпаться буквально за месяцы. Именно это происходит с российским корпоративным сектором после 2022 г., когда беспрецедентные санкции накладываются на последовательное ужесточение политики Центробанка. Получается, по сути, двойной удар по финансовой системе, аналогов которому в новейшей истории немного.

Если обращаться к теории, то отправная точка – классические положения Модильяни–Миллера о нерелевантности структуры капитала на совершенном рынке. Разумеется, рынки далеки от совершенства, и потому работают модификации: теория компромисса говорит об оптимальном уровне долга, при котором налоговые выгоды уравновешиваются издержками финансовых затруднений, а иерархическая теория – о предпочтении внутренних источников внешним [2]. Так вот, санкции ломают параметры этих уравнений самым грубым образом: блокировка выхода на международные облигационные площадки и синдицированное кредитование сужает набор инструментов, а скачок страновой премии удорожает все, что остается. Свежее исследование по 21 тыс. российских фирм за 2014–2023 гг. показывает: каждое стандартное отклонение индекса санкционных ограничений снижает рентабельность активов на 3,4 п. п. [3]. Цифра, мягко говоря, ощутимая.

Любопытно, что еще первая волна санкций 2014 г. преподносит неожиданность. Компании, попавшие в санкционные списки, сокращаются в масштабах меньше, чем их несанкционные конкуренты, и случается это потому, что внутренний кредит перераспределяется в пользу крупных подсанкционных заемщиков, фактически вытесняя менее крупные фирмы [4]. Макроэкономически чистые потери по каналу внешнего корпоративного долга составляют 160–170 млрд долл. за 2014–2017 гг. при том, что валовой отток капитала сокращается еще сильнее [5]. Вторая волна 2022 г. является качественно другой. Финансовые ограничения дополняется технологическими запретами и распадом логистики, и компаниям приходится адаптироваться комплексно, а

не только пересматривать долговые стратегии [6]. Обследования НИУ ВШЭ фиксируют: к осени 2022 г. санкционное воздействие ощущают 69 % предприятий обрабатывающей промышленности, негативные эффекты доминируют у 53 %, а позитивные – всего у 7 % [7].

Но одних санкций мало – параллельно работает второй механизм давления. ЦБ РФ экстренно поднимает ключевую ставку до 20 % уже в феврале 2022 г., затем доводя ее до 21 % к октябрю 2024 г., и на этом уровне она держится до середины 2025 г. [8]. Формально это борьба с инфляцией, однако для корпоративного сектора последствия жесткие. Коммерческие банки накручивают спреды в 5–6 п. п. к ключевой, и эффективная стоимость кредитования для нефинансовых заемщиков доходит до 26–27 % годовых [9]. При таких ставках инвестиционные проекты с горизонтом окупаемости свыше 3–4 лет попросту теряют экономический смысл. Получается так, что внешние источники оказываются закрыты, а внутренние – запредельно дороги. Ситуация, прямо скажем, нетривиальная.

Цель данной работы – оценка закономерностей этой трансформации: как именно корпоративное финансирование перестраивается под давлением двойного шока 2022–2025 гг.

Задачи конкретизируются так: проследить динамику и структуру корпоративных заимствований; оценить масштаб замещения внешнего долга внутренним; сравнить финансовые стратегии санкционных и несанкционных фирм; определить, насколько стоимость капитала повлияла на реальную инвестиционную активность.

Материалы и методы исследования

В основу положен смешанный подход, где количественный анализ финансовой отчетности дополнен сравнительным институциональным анализом. Выборка – 45 крупнейших нефинансовых публичных компаний из ключевых отраслей: нефтегаз, металлургия, машиностроение, химпром, розничная торговля, телеком. Информационная база – консолидированная отчетность по МСФО и РСБУ за 2021–2025 гг., статистика Московской биржи по размещениям, данные ЦБ РФ по кредитованию нефинансовых организаций и база *Cbonds* по долговому рынку. Выборка разбита на две группы: 18 компаний, включенных в санкционные списки ЕС или США (*SDN*-список *OFAC*, регламенты Совета ЕС), и 27 фирм без прямых персональных ограничений. По каждой рассчитывается: доля заемного капитала в валюте баланса, соотношение внутреннего и внешнего долга, средневзвешенная стоимость долга, коэффициент покрытия процентов, капитальные вложения к выручке. Декомпозиция проведена по инструментам – банковские кредиты, облигации, лизинг, бюджетные субсидии, собственные средства – и по срочности (до года, от года до трех, свыше трех лет). Базовым принимается 2021 г. – последний год до санкционного шока; аналитический горизонт охватывает 2022–2025 гг.

Результаты исследования и их обсуждение

Что происходит с корпоративными заимствованиями на внутреннем рынке

Облигационный рынок за рассматриваемый период меняется не просто количественно, он становится качественно другим. Цифры Московской биржи говорят сами за себя: суммарный оборот по облигациям в 2025 г. выходит на рекордные 42 трлн руб. (годом ранее – 38,5 трлн). Рынок корпоративного долга к декабрю 2025 г. достигает 35,5 трлн руб., прибавляя 14,5 % за год. Размещений – 1200 выпусков от 288 эмитентов, совокупно на 12 трлн руб. [10]. Здесь важно не упустить качественный сдвиг: до 2022 г. облигации являются инструментом десятка-другого крупнейших компаний, теперь же на рынок приходят десятки средних фирм, которые раньше обходились банковским кредитом. Частные инвесторы за год вкладывают в облигации свыше 2,1 трлн руб. – вдвое больше, чем в 2024-м г., – и три четверти этих денег уходит именно в корпоративные бумаги.

Если посмотреть на выборку из 45 компаний, то тенденции вырисовываются вполне отчетливо (см. табл. 1). Облигации в структуре обязательств поднимаются с 18 (2021) до 34 % (2025), банковские кредиты, напротив, проседают – с 52 до 41 %. Внешний долг (еврооблигации, синдицированные кредиты в валюте) обваливаются с 27 до 9 % – рефинансировать его становится попросту негде. Заметно растут лизинг (с 3 до 7 %) и бюджетное софинансирование (с менее 1 до 4 %), причем последнее – преимущественно в отраслях, завязанных на оборонку и критическое импортозамещение.

Таблица 1

Структура заемного финансирования нефинансовых компаний выборки, % к итогу

Инструмент	2021	2022	2023	2024	2025
Банковские кредиты	52	48	45	43	41
Внутренние облигации	18	22	27	31	34
Еврооблигации и внешний долг	27	22	15	11	9
Лизинг	3	5	6	7	7
Бюджетные субсидии / целевое финансирование	< 1	2	3	4	4
Прочие	–	1	4	4	5

Почему именно облигации оказались бенефициаром? Тут работает сразу несколько логик. Во-первых, при заоблачной ключевой ставке облигации с плавающим купоном дают эмитенту гибкость: снижается ставка – автоматически падает купон, а с фиксированным банковским кредитом так не выйдет, придется перекредитовываться. Во-вторых, облигационный рынок не зависит от решений конкретного кредитного комитета, а это принципиально для санкционных компаний, с которыми даже российские банки работают с оглядкой. Ну и в-третьих, приток розничных инвесторов создал мощную базу спроса, которой раньше попросту не существовало.

Санкционные против несанкционных: в чем разница

Разбив выборку на две группы – 18 фирм под прямыми санкциями и 27 без них, – автор обнаруживает, что их финансовые траектории расходятся весьма существенно (см. табл. 2). Санкционные компании – а это преимущественно нефтегаз, металлургия, оборонка – показывают более высокий уровень собственного финансирования: отношение собственного капитала к активам на конец 2025 г. составляет 0,57 против 0,44 у несанкционных. Объяснение простое: занимать становится труднее, а операционная маржинальность, особенно у сырьевых гигантов, остается высокой, и собственный денежный поток покрывает значительную часть потребностей.

Таблица 2

Финансовые показатели санкционных и несанкционных компаний выборки за 2025 г.

Показатель	Санкционные (n = 18)	Несанкционные (n = 27)
Собственный капитал / Активы	0,57	0,44
Долг / *EBITDA*	1,2	2,4
Доля внешнего долга в заемных средствах, %	4	13
Средневзвешенная стоимость долга, %	14,8	19,3
CAPEX / Выручка, %	16	11
ICR (покрытие процентов)	8,6	3,8

А вот дальше – парадокс, который, впрочем, вполне укладывается в логику предыдущих исследований. Средневзвешенная стоимость долга у санкционных компаний оказывается ниже: 14,8 против 19,3 %. Крупные подсанкционные холдинги получают приоритет у госбанков и институтов развития, часть из них размещает облигации с субсидированным купоном через программы ФНБ и промышленной ипотеки. Их менее крупных и несанкционных конкурентов фактически вытесняют: те вынуждены привлекать ресурсы на рыночных условиях, без льгот, отсюда и разрыв в стоимости. Инвестиционная активность тоже расходится: *CAPEX*/Выручка у санкционных – 16 %, у несанкционных – всего 11 %. Государственная поддержка работает, но ее последствия для конкурентной среды – тема для отдельного разговора.

Стоимость капитала и инвестиции: чувствительность возрастает

Жесткая монетарная политика ударяет по инвестициям неравномерно, и это, пожалуй, один из наиболее тревожных выводов. Связь между ставкой и капитальными вложениями отрицательна, но после 2023 г. она заметно усиливается (см. табл. 3). Компании с рентабельностью ниже 8 % фактически сворачивают инвестиционную деятельность за счет заемных средств: остаются только реинвестирование прибыли и амортизация. Высокомаржинальные фирмы (*ROA* выше 15 %) продолжают вкладывать, но даже для них удорожание кредита ощутимо давит на внутреннюю норму доходности проектов.

Таблица 3

Динамика ключевых параметров кредитования и инвестиций нефинансовых компаний

Параметр	2021	2022	2023	2024	2025
Ключевая ставка ЦБ РФ, % (на конец года)	8,5	7,5	16	21	16*
Средняя ставка по кредитам > 1 года, %	9,7	11,2	18,4	24,1	20,3
Рост кредитного портфеля нефинансовых организаций, % г/г	11,7	14,3	25,8	17,9	6,2
CAPEX/Выручка по выборке, медиана, %	14	12	13	12	11
Доля компаний со снижением реальных *CAPEX*, %	22	41	28	37	43
Примечание. * На конец 2025 г. после снижения с 21 до 16 % в ходе цикла смягчения					

Здесь бросается в глаза расхождение: в 2023 г. кредитный портфель нефинансовых организаций увеличивается на 25,8 %. Это максимум за десятилетие. Но медианный *CAPEX* к выручке не сдвигается. Куда же идут деньги? Ответ, к сожалению, прозаичен: значительная доля займов направляется на рефинансирование старых долгов, пополнение оборотного капитала и финансирование разбухших складских запасов – следствие логистического хаоса [11]. Это тревожная ситуация. Компании набирают долг, но производственная база от этого не растет. Проблема «долга без развития» – так это можно было бы назвать – создает системный риск, особенно если

Таблица 4

Структура финансирования по отраслям за 2025 г.

Отрасль	Долг / *EBITDA*	Доля облигаций, %	Доля банковских кредитов, %	*CAPEX* / Выручка, %	Средняя ставка, %
Нефтегаз	0,8	28	31	18	13,9
Металлургия	1,9	42	34	12	17,4
Машиностроение	2,7	24	48	9	21,8
Химическая промышленность	2,1	36	39	14	18,2
Розничная торговля	3,2	31	38	6	22,6
Телекоммуникации	2,5	39	37	15	19,1

ставки останутся высокими дольше, чем рассчитывает рынок.

Отраслевой разрез: кому хуже всех

Отрасли адаптируются к шоку по-разному, и разброс оказывается весьма значительным (см. табл. 4). Нефтегазовые компании, сумевшие перенаправить поставки на азиатские рынки и сохранившие высокие экспортные доходы, фактически минимизируют зависимость от внешнего финансирования как такового. Их леверидж (Долг/*EBITDA*) не превышает 0,8, а инвестиции покрываются операционным потоком. Металлурги, которым достается сильнее из-за прямых торговых ограничений ЕС, переходят на активное облигационное фондирование – доля облигаций у них достигает 42 %.

Хуже всех – розница и машиностроение. Долг/*EBITDA* в розничной торговле – 3,2, в машиностроении – 2,7. Оба сектора ориентированы на внутренний рынок, экспортной подушки у них нет, а средние ставки переваливают за 22 %. У ряда ретейлеров коэффициент покрытия процентов (*ICR*) проседает ниже 2, а это уже зона финансового стресса, когда операционная прибыль едва покрывает процентные расходы. Машиностроение находит частичный выход: доля компаний, получающих субсидированные кредиты по программам Минпромторга, вырастает с 12 % в 2021 г. до 38 % в 2025 г. Но субсидирование – ресурс ограниченный, и его увеличение скорее создает перекосы в конкурентной среде, нежели решает системную проблему дорогого капитала.

Замещение внешнего долга: что удалось, а что – нет

Ядро структурных перемен – замещение внешнего долга внутренним. Масштаб сокращения впечатляет: совокупный объем еврооблигаций и внешних синдицированных кредитов компаний выборки падает с 4,8 трлн руб. (рублевый эквивалент, 2021 г.) до 1,6 трлн к середине 2025 г. (–67 %). Рефинансироваться на Западе невозможно: инвесторы не имеют права обслуживать выпуски российских эмитентов, расчетные системы *Euroclear* и *Clearstream* блокируют операции. Часть компаний пользуется президентскими указами и проводит принудительное замещение еврооблигаций рублевыми выпусками [12]. Количественная картина замещения представлена в табл. 5. На внешние источники приходится 27 % заемного капитала в 2021 г., а к 2025 г. остается 9 %, и бóльшая часть этого остатка – кредиты от банков Китая и ОАЭ, деноминированные в юанях и дирхамах. Внутренний рынок абсорбирует основной объем рефинансирования, но его емкость – не бесконечна. В 2024 г. доходности по корпоративным облигациям первого-второго эшелонов растут настолько, что ряд эмитентов не может разместиться по приемлемой цене и откладывает размещения [13].

Таблица 5

Динамика замещения внешнего долга, трлн руб.

Показатель	2021	2022	2023	2024	2025
Совокупный внешний долг компаний выборки	4,8	3,9	2,8	2	1,6
в т. ч. еврооблигации	3,1	2,4	1,4	0,9	0,6
в т. ч. синдицированные кредиты	1,7	1,5	1,4	1,1	1
Объем замещающих внутренних облигаций (кумулятивно)	–	0,4	1,2	1,9	2,3
Объем кредитов в юанях (оценка)	0,1	0,3	0,7	1,1	1,4

Отдельного внимания заслуживает юаневый сегмент. По экспертным оценкам, к 2025 г. объем корпоративных кредитов в юанях превышает 1,4 трлн руб. Московская биржа запускает торги юаневыми облигациями, крупные банки начинают предлагать юаневое кредитование. Звучит обнадеживающе, но здесь есть серьезные ограничения: ликвидность юаневого рынка внутри России существенно уступает рублевому, а риски вторичных санкций против китайских банков-контрагентов висят над этим каналом дамокловым

мечом [14]. Стабильным источником фондирования юань пока не стновится, скорее, это подстраховка, которая может в любой момент сузиться.

Розничный инвестор как новый кредитор корпоративного сектора

Пожалуй, наиболее неожиданное следствие всей перестройки – стремительное превращение частных лиц в значимый источник корпоративного фондирования. 2,1 трлн руб., вложенных физическими лицами в облигации за 2025 г., это больше, чем двукратный рост к предыдущему году (0,86 трлн). Доля розничных инвесторов в обороте облигациями на Мосбирже – 31,3 %. Логика тут прозрачна: купоны 18–20 % по бумагам первого эшелона – доходность, каких на российском рынке не видели давно, а альтернативных инструментов после ухода иностранных фондов и заморозки зарубежных бумаг остается немного [15].

Однако массовый приход розницы на облигационный рынок – это палка о двух концах. Значительная часть частных инвестиций оседает в бумагах среднего кредитного качества, где доходность выше, но и риски – тоже. В 2024–2025 гг. дефолты по корпоративным облигациям учащаются, особенно в сегменте высокодоходных бумаг (ВДО). ЦБ реагирует – ужесточает требования к квалификации инвесторов, вводит новые стандарты раскрытия. Однако проблему асимметрии информации между профессионалами и массовым инвестором эти меры решают лишь отчасти. Домохозяйства, привлеченные двузначными купонами, далеко не всегда осознают кредитный риск, и потенциальная волна реструктуризаций может больно ударить по населению – тому самому, которое государство стремится вовлечь в долгосрочные инвестиции.

Выводы. 1. Корпоративное финансирование в России фундаментально перестроено. Двойной шок (санкции плюс жесткая монетарная политика) порождают конфигурацию источников капитала, которую трудно представить еще в 2021 г. Внешний долг корпоративного сектора сокращается на две трети. На его место приходят внутренние облигации (их доля выросла с 18 до 34 %), юаневые кредиты и бюджетные механизмы. Рынок корпоративного долга вырос до 35,5 трлн руб., количество эмитентов заметно расширяется, а частные инвесторы вкладывают свыше 2 трлн руб. – формируя базу спроса, которой прежде не существовало. Однако за этими позитивными цифрами стоят и системные риски: рост дефолтов, концентрация розницы в бумагах среднего кредитного качества, уязвимость юаневого канала перед вторичными санкциями.

2. Одна из центральных находок – асимметрия между санкционными и несанкционными фирмами. Первые, получив приоритетный доступ к госбанкам и институтам развития, платят за долг 14,8 против 19,3 % у вторых и инвестируют активнее (*CAPEX*/Выручка 16 против 11 %). Но это преимущество получено за счет вытеснения конкурентов с кредитного рынка – механизм, зафиксированный еще в 2014 г. и повторившийся в усиленном варианте. Для конкурентной среды последствия неоднозначны: поддержка крупных санкционных игроков не тождественна поддержке экономики в целом.

3. Отраслевой срез подтверждает, что наибольшие трудности испытывают машиностроение и розничная торговля. Высокий леверидж (Долг/*EBITDA* выше 2,7), отсутствие экспортных доходов и ставки свыше 22 % загоняют многие компании этих секторов в зону финансового стресса. Разрыв между динамикой кредитования и реальными инвестициями – пожалуй, самый тревожный сигнал. Кредитный портфель растет на рекордные 25,8 % (2023 г.), а медианное соотношение *CAPEX*/Выручка стоит на месте. Деньги идут не на развитие, а на рефинансирование и оборотку. К 2025 г. доля компаний со снижением реальных капвложений достигает 43 %. Если эта тенденция сохранится, обновление основных фондов не покроет их амортизационного износа, и через несколько лет обрабатывающая промышленность столкнется с технологическим отставанием, которое сложно будет компенсировать даже при нормализации ставок.

4. Цикл смягчения, начатый ЦБ в июне 2025 г. (снижение с 21 до 20 %, затем до 16 %), создает предпосылки для удешевления капитала, но их реализация зависит от структурных факторов: дефицита кадров, технологической импортозависимости, геополитической турбулентности. Облигационному рынку нужны институциональные улучшения: расширение рейтингового покрытия, более жесткие стандарты раскрытия, механизмы защиты розничных инвесторов от кредитных потерь. Юаневый и альтернативный валютные каналы (рупии, дирхамы) стратегически важны, но их развитие упирается в платежную инфраструктуру и регуляторные риски. Все это становится повесткой ближайших лет, и от того, насколько последовательно она будет реализована, зависит способность корпоративного сектора финансировать инвестиции без возврата к прежней зависимости от западных рынков.

Список литературы

1. *Frank M. Z., Goyal V. K.* Trade-off and Pecking Order Theories of Debt // Handbook of Empirical Corporate Finance. Amsterdam: Elsevier. 2008. Pp. 135–202.

2. *Kraus A., Litzenberger R. H.* A State-Preference Model of Optimal Financial Leverage // The Journal of Finance. 1973. Vol. 28. № 4. Pp. 911–922.

3. *Lee H.-S., Kumo K.* The impact of sanctions on firms' financial performance in Russia // Eurasian Business Review. 2026.

4. *Keerati R.* The Unintended Consequences of Financial Sanctions // SSRN Electronic Journal. 2022.

5. *Pestova A., Mamonov M.* Should We Care? The Economic Effects of Financial Sanctions on the Russian Economy // BOFIT Discussion Papers. 2019. № 13.

6. *Симачев Ю. В., Яковлев А. А., Голикова В. В.* и др. Российские промышленные компании в условиях «второй волны» санкционных ограничений: стратегии реагирования // Вопросы экономики. 2023. № 12. С. 5–32.

7. *Кузык М. Г., Симачев Ю. В.* Стратегии адаптации российских компаний к санкциям 2022 г. // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 3 (60). С. 172–180.

8. *О ключевой* ставке Банка России // Банк России. URL: https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/.

9. *Кувалин Д. Б., Зинченко Ю. В., Лавриненко П. А.* и др. Российские предприятия в конце 2024 г.: обострение проблем в условиях санкций и высокой ключевой ставки // Проблемы прогнозирования. 2025. № 3. С. 416–429.

10. *Объем* торгов облигациями на Московской бирже достиг рекордных 42 трлн рублей в 2025 году // Московская биржа. 2026. URL: https://www.moex.com/n96847.

11. *Казун А. П., Муковнин С. К.* Бизнес-ассоциации и адаптация российских предприятий обрабатывающей промышленности к санкциям: 2018 vs. 2022 // Вопросы экономики. 2024. № 6. С. 44–72.

12. *Huynh T. L. D., Hoang K., Ongena S.* The impact of foreign sanctions on firm performance in Russia // International Review of Financial Analysis. 2025. Vol. 99. Art. 103991.

13. *Рынок* корпоративных облигаций в 2024–2025 годах: проблемы, перспективы // РБК Инвестиции. 2024. URL: https://www.rbc.ru/quote/news/article/672221ed9a79473257a3ae62.

14. *Федюнина А. А., Симачев Ю. В.* Устойчивость компаний в цепочках создания стоимости к санкционному шоку // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. № 3 (60). С. 180–187.

15. *Кузьмин Е., Рахимова Г., Насирова Х., Намозов Д.* Assessing the spread and coverage of ESG practices in Russian companies // Frontiers in Sustainability. 2025. Vol. 6. Art. 1574190.

References

1. Frank M. Z., Goyal V. K. Trade-off and Pecking Order Theories of Debt. In: *Handbook of Empirical Corporate Finance*. Amsterdam, Elsevier, 2008, pp. 135–202.

2. Kraus A., Litzenberger R. H. A State-Preference Model of Optimal Financial Leverage. *The Journal of Finance*, 1973, vol. 28, no. 4, pp. 911–922.

3. Lee H.-S., Kumo K. The impact of sanctions on firms' financial performance in Russia. *Eurasian Business Review*, 2026.

4. Keerati R. The Unintended Consequences of Financial Sanctions. *SSRN Electronic Journal*, 2022.

5. Pestova A., Mamonov M. Should We Care? The Economic Effects of Financial Sanctions on the Russian Economy. *BOFIT Discussion Papers*, 2019, no. 13.

6. Simachev Yu. V., Yakovlev A. A., Golikova V. V. et al. Russian industrial companies under the «second wave» of sanctions: Response strategies. *Voprosy Ekonomiki*, 2023, no. 12, pp. 5–32.

7. Kuzyk M. G., Simachev Yu. V. Strategies of Russian companies to adapt to the 2022 sanctions. *Zhurnal Novoj ekonomicheskoj assotsiatsii*, 2023, no. 3 (60), pp. 172–180.

8. On the key rate of the Bank of Russia. *Bank of Russia*, available at: https://www.cbr.ru/hd_base/keyrate/.

9. Kuvalin D. B., Zinchenko Yu. V., Lavrinenko P. A. et al.Russian enterprises at the end of 2024: Aggravation of problems in the context of foreign economic sanctions and a high key interest rate. *Studies on Russian Economic Development*, 2025, vol. 36, no. 3, pp. 416–429.

10. Bond trading volume on the Moscow Exchange reached a record 42 trillion rubles in 2025. *Moscow Exchange*, available at: https://www.moex.com/n96847

11. Kazun A. P., Mukovnin S. K. Business associations and the adaptation of Russian manufacturing enterprises to sanctions: 2018 vs. 2022. *Voprosy Ekonomiki*, 2024, no. 6, pp. 44–72.

12. Huynh T. L. D., Hoang K., Ongena S. The impact of foreign sanctions on firm performance in Russia. *International Review of Financial Analysis*, 2025, vol. 99, art. 103991.

13. The corporate bond market in 2024–2025: problems and prospects. *RBK Investitsii*, 2024, available at: https://www.rbc.ru/quote/news/article/672221ed9a79473257a3ae62.

14. Fedyunina A. A., Simachev Yu. V. Resilience of companies in value chains to the sanctions shock. *Zhurnal Novoj ekonomicheskoj assotsiatsii*, 2023, no. 3 (60), pp. 180–187.

15. Kuzmin E., Rakhimova G., Nasirova H., Namozov J. Assessing the spread and coverage of ESG practices in Russian companies. *Frontiers in Sustainability*, 2025, vol. 6, art. 1574190.

Журнал зарегистрирован в Комитете Российской Федерации по печати. Свидетельство о регистрации № 77-7669.

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены ИП Бирюков Д. В.

За достоверность сведений в рекламных материалах ответственность несет рекламодатель.

Перепечатка допускается только с разрешения редакции и с обязательной ссылкой на журнал «Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением».

The Journal is registered by the Press committee of Russian Federation.

Registration certificate N 77-7669.

For information truth in advertising materials the advertiser is responsible.

Reprint is allowed only with written permission of Editor-in-Chief or his deputy and with compulsory reference to journal «Forging and Stamping Production. Material Working by Pressures».