

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

**Экономические
науки**

Том 13, № 5, 2020

Санкт-Петербург
2020

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Акаев А.А., иностр. член РАН, д-р физ.-мат. наук, Институт математических исследований сложных систем МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва); *Окрепилов В.В.*, академик РАН, д-р экон. наук, профессор, Центр региональных проблем экономики качества (Санкт-Петербург); *Елисеєва И.И.*, чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет (Санкт-Петербург); *Клейнер Г.Б.*, чл.-корр. РАН, д-р экон. наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН; *Глухов В.В.*, д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Барбанер Ханон, д-р экон. наук, профессор, Русское академическое общество Эстонии (г. Таллинн, Эстония); *Беккер Йорг*, профессор, Вестфальский университет им. Вильгельма (г. Мюнстер, Германия); *Дамари Рой*, Insam (Швейцария); *Димани Фредерик*, Высшая бизнес-школа (г. Ницца, Франция); *Ергер Юргин*, д-р наук, профессор, Университет Регенсбурга (Германия); *Канкаанранта Мария*, Университет Оулу (Финляндия); *Квинт В.Л.*, иностр. член РАН, д-р экон. наук, профессор (США); *Томич Радован*, Высшая деловая школа (г. Нови Сад, Сербия); *Тицелинский Стефан*, Технологический университет (г. Познань, Польша); *Марко Ван Гелдерен*, VU Университет Амстердама (Нидерланды); *Азимов П.Х.*, канд. экон. наук, доцент, Таджикский гос. технический университет им. акад. М.С. Осими; *Нехорошева Л.Н.*, д-р экон. наук, профессор, Белорусский гос. экономический университет.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Басарева В.Г., д-р экон. наук, профессор, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (г. Новосибирск); *Булатова Н.Н.*, д-р экон. наук, профессор, Восточно-Сибирский гос. университет технологий и управления (г. Улан-Удэ); *Буркальцева Д.Д.*, д-р экон. наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского; *Бухвальд Е.М.*, д-р экон. наук, профессор, Институт экономики РАН (г. Москва); *Вертакова Ю.В.*, д-р экон. наук, профессор, Юго-Западный федеральный университет; *Качалов Р.М.*, д-р экон. наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН (г. Москва); *Козлов А.В.*, д-р экон. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; *Корягин С.И.*, д-р техн. наук, профессор, Инженерно-технический институт Балтийского федерального университета имени И. Канта (г. Калининград); *Малышев Е.А.*, д-р экон. наук, профессор, Забайкальский гос. университет (г. Чита); *Мерзликина Г.С.*, д-р экон. наук, профессор, Волгоградский гос. технический университет (г. Волгоград); *Писарева О.М.*, канд. экон. наук, Институт информационных систем, Государственный университет управления (г. Москва); *Пшеничников В.В.*, канд. экон. наук, доцент, Воронежский гос. аграрный университет им. Императора Петра I (г. Воронеж); *Устинова Л.Н.*, д-р экон. наук, профессор, Российская государственная академия интеллектуальной собственности (г. Москва); *Чурпов С.В.*, д-р экон. наук, профессор, Иркутский гос. университет (г. Иркутск); *Юдина Т.Н.*, д-р экон. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (г. Москва).

Журнал с 2002 года входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, где публикуются основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Сведения о публикациях представлены в Реферативном журнале ВИНТИ РАН, в международной справочной системе «Ulrich`s Periodical Directory», в базах данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), Google Scholar, EBSCO, ProQuest, ROAD.

С 2008 года выпускался в составе сериального периодического издания «Научно-технические ведомости СПбГПУ». ISSN 1994-2354

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-52146 от 11 декабря 2012 г.

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION



**ST. PETERSBURG STATE
POLYTECHNIC UNIVERSITY
JOURNAL**

Economics

Vol. 13, no. 5, 2020

Saint Petersburg
2020

ST. PETERSBURG STATE POLYTECHNICAL UNIVERSITY JOURNAL. ECONOMICS

EDITORIAL COUNCIL

A.A. Akaev – foreign member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc. (phys.-math.);
V.V. Okrepilov – full member of the Russian Academy of Sciences;
I.I. Eliseeva – corresponding member of the Russian Academy of Sciences;
G.B. Kleiner – corresponding member of the Russian Academy of Sciences;
V.V. Glukhov – Dr.Sc. (econ.), prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL

Hanon Barabaner – Dr.Sc. (econ.), prof. (Estonia);
Jörg Becker – Dr.Sc., prof. (Germany);
Roy Damary – INSAM, Geneva (Switzerland);
Frederic Dimanche – SKEMA Business School, Nice (France);
Jürgen Jerger – Dr.Sc., prof. University of Regensburg (Germany)
Marja Kankaanranta – Adjunct prof. University of Oulu (Finland);
V.L. Kvint – foreign member of the Russian Academy of Sciences (USA);
Tomic Radovan – Dr.Sc., prof. Novi Sad Business School (Serbia);
Stefan Trzcielinski – Dr.Sc. (econ.), prof. (Poland);
Marco van Gelderen – PhD, VU University Amsterdam (Netherlands);
P.H. Azimov – Assoc. Prof. Dr., PhD (Tajikistan);
L.N. Nehorosheva – Dr.Sc. (econ.), prof. (Byelorussia).

EDITORIAL BOARD

V.V. Gluhov – Dr.Sc. (econ.), prof., head of the editorial board;
A.V. Babkin – Dr.Sc. (econ.), prof., deputy head of the editorial board;
V.G. Basareva – Dr.Sc. (econ.), prof.;
N.N. Bulatova – Dr.Sc. (econ.), prof.;
D.D. Burkaltceva – Dr.Sc. (econ.);
E.M. Buhval'd – Dr.Sc. (econ.), prof.;
R.M. Kachalov – Dr.Sc. (econ.), prof.;
S.I. Koryagin – Dr.Sc. (tech.), prof.;
A.V. Kozlov – Dr.Sc. (econ.), prof.;
E.A. Malyshev – Dr.Sc. (econ.), prof.;
G.S. Merzlikina – Dr.Sc. (econ.), prof.;
O.M. Pisareva – Assoc. Prof. Dr.;
V.V. Pshenichnikov – Assoc. Prof. Dr.;
L.N. Ustinova – Dr.Sc. (econ.), prof.;
S.V. Chuprov – Dr.Sc. (econ.), prof.;
T.N. Yudina – Dr.Sc. (econ.);
U.V. Vertakova – Dr.Sc. (econ.), prof.

The journal is included in the List of Leading Peer-Reviewed Scientific Journals and other editions to publish major findings of PhD theses for the research degrees of Doctor of Sciences and Candidate of Sciences.

The publications are presented in the VINITI RAS Abstract Journal and Ulrich's Periodical Directory International Database, EBSCO, ProQuest, Google Scholar, ROAD.

The journal was published since 2008 as part of the periodical edition *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU* (ISSN 1994-2354)

The journal is registered with the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information

Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR). Certificate ПИ № ФС77-52146 issued December 11, 2012

The journal is on the Russian Science Citation Index (RSCI) data base

© Scientific Electronic Library (<http://elibrary.ru/>).

No part of this publication may be reproduced without clear reference to the source.

The views of the authors can contradict the views of the Editorial Board.

© Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2020

Содержание

Цифровая экономика: теория и практика

- Писарева О.М., Алексеев В.А., Медников Д.Н., Стариковский А.В.** Развитие интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации: определение требований и организация создания полигонов тестирования информационной безопасности..... 7
- Слепцова Ю.А., Качалов Р.М., Шокин Я.В.** Создание системы управления экономическим риском с использованием искусственных нейронных сетей..... 24
- Зайченко И.М., Козлов А.В., Шитова Е.С.** Драйверы цифровой трансформации бизнеса: понятие, виды, ключевые стейкхолдеры..... 38

Региональная и отраслевая экономика

- Мерзликина Г.С.** Инновационное развитие региона: эссенциальная архитектура показателей..... 50

Экономика и менеджмент предприятий и кластеров

- Бабкин А.В., Ташенова Л.В.** Этапы оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера Арктической зоны России..... 65
- Данилов А.А., Силкина Г.Ю.** Принципы функционирования промышленного предприятия в условиях устойчивого развития..... 82

Экономико-математические методы и модели

- Глухов В.В., Колобов А.В., Игумнов Е.М.** Методика оптимизации набора инструментов для повышения эффективности бизнес-системы..... 95
- Родионов Д.Г., Алферьев Д.А.** Устойчивость оптимального плана производства инновационной продукции промышленного предприятия..... 106
- Нечехина Н.С., Мустафина О.В.** Инструментарий исследования и оценки потенциала потребительского рынка услуг в трансформируемой экономике..... 120
- Устинова Л.Н., Роман Н.П.** Формирование модели управления строительным бизнесом на основе цифровых технологий..... 136
- Борисов А.А., Чернат И.С.** Совершенствование оценки экономической эффективности освоения инновационных проектов..... 145

Contents

Digital economy: theory and practice

- Pisareva O.M., Alexeev V.A., Mednikov D.N., Starikovskiy A.V.** Development of intelligent transport systems in the Russian Federation: defining requirements and organizing the creation of information security testing grounds..... 7
- Sleptsova Yu.A., Kachalov R.M., Shokin Ya.V.** Creation of an economic risk management system using artificial neural networks..... 24
- Zaychenko I.M., Kozlov A.V., Shytova Y.S.** Drivers of digital transformation of a business: Meaning, classification, key stakeholders..... 38

Regional and branch economy

- Merzlikina G.S.** Innovative development of a region: Essential Architecture of indicators..... 50

Economy and management of the enterprise and clusters

- Babkin A.V., Tashenova L.V.** Evaluation stages of digital potential of an innovation-active industrial cluster of the Arctic zone of Russia..... 65
- Danilov A.A., Silkina G.Yu.** Principles of industrial enterprises functioning under conditions of sustainable development..... 82

Economic and mathematical methods and models

- Glukhov V.V., Kolobov A.V., Igumnov E.M.** Technique for optimizing a set of tools to improve the efficiency of a business system..... 95
- Rodionov D.G., Alfer'yev A.D.** Sustainability of the optimal plan of innovative production of an industrial enterprise..... 106
- Necheukhina N.S., Mustafina O.V.** Tools for research and assessment of the consumer market potential in a transformed economy..... 120
- Ustinova L.N., Roman N.P.** Organization of a civil engineering business management system based on digital technologies..... 136
- Borisov A.A., Chernat I.S.** Improving the estimation of the economic efficiency of innovative projects implementation..... 145

DOI: 10.18721/JE.13501

УДК 338.47 : 330.47 : 656.13 : 004.056

РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ И ОРГАНИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ ПОЛИГОНОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Писарева О.М.¹, Алексеев В.А.², Медников Д.Н.¹, Стариковский А.В.¹

¹ ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,
Москва, Российская Федерация;

² ООО «Рабус»,
Москва, Российская Федерация

Технологии беспилотного транспорта создают новые возможности развития экономической и социальной инфраструктуры стран и регионов. Реализация проектов умной мобильности наряду с качественными преобразованиями сфер транспортных и логистических услуг связана с необходимостью идентификации и оценки рисков широкого внедрения беспилотных автомобилей. Масштаб и интенсивность цифровых коммуникаций при эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств различного назначения расширяет сферу обеспечения безопасности дорожного движения. Беспроводная связь является основным каналом информационного взаимодействия динамических и статических объектов интеллектуальной транспортной системы, что предопределяет формирование специфического набора угроз. Повышение уровня рисков электромагнитных возмущений и преднамеренных воздействий на управление беспилотными автомобилями выводит на первый план анализ вопросов информационной безопасности. Это требует разработки новых нормативных и технических подходов к обеспечению безопасности дорожного движения. В статье представлен анализ текущего состояния проектов создания национальных интеллектуальных транспортных систем. Определены ключевые характеристики источников угроз и зон уязвимости технологической платформы информационного взаимодействия высокоавтоматизированных транспортных средств. Приведены ключевые требования к определению состава и разработке спецификации задач испытательных полигонов при тестировании информационной безопасности беспилотных автомобилей. Обобщен опыт проектирования испытательных полигонов и предложен авторский вариант процесса организации разработки и реализации подобного проекта, учитывающего весь спектр задач верификации и валидации компонентов интеллектуальной транспортной системы с позиции обеспечения безопасности информационного взаимодействия с учетом возможностей технологической платформы V2X в среде мобильной связи 5G. Представлены авторские рекомендации по созданию в Российской Федерации институциональных условий для регулирования создания и сертификации устройств и технологий информационного взаимодействия беспилотных автомобилей. Определены приоритетные направления дальнейших исследований в области разработки аппаратно-программных решений и технологических регламентов (стандартов) для обеспечения информационной безопасности, а также формирования методики и инструментария тестирования беспилотных автомобилей различного назначения в Российской Федерации.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, цифровые технологии, беспилотный транспорт, информационная безопасность, испытательный полигон, организация тестирования

Ссылка при цитировании: Писарева О.М., Алексеев В.А., Медников Д.Н., Стариковский А.В. Развитие интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации: определение требований и организация создания полигонов тестирования информационной безопасности // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 7–23. DOI: 10.18721/JE.13501

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN THE RUSSIAN FEDERATION: DEFINING REQUIREMENTS AND ORGANIZING THE CREATION OF INFORMATION SECURITY TESTING GROUNDS

O.M. Pisareva¹, V.A. Alexeev², D.N. Mednikov¹, A.V. Starikovskiy¹

¹ State University of Management,
Moscow, Russian Federation;

² Rabus LLC,
Moscow, Russian Federation

Autonomous vehicle technologies create new opportunities for the development of the economic and social infrastructure of countries and regions. Implementation of smart mobility projects, along with qualitative transformations in the areas of transport and logistics services, is associated with the need to identify and assess the risks of the widespread introduction of autonomous vehicles. The scale and intensity of digital communications in the operation of highly automated vehicles for various purposes expands the scope of road safety. Wireless communication is the main channel of information interaction between dynamic and static objects of an intelligent transport system, which predetermines formation of a specific set of threats. The increase in the risk of electromagnetic disturbances and deliberate impacts on the management of autonomous vehicles brings the analysis of information security issues to the fore. This requires an urgent start to develop new regulatory and technical approaches to road safety. The article presents an analysis of the current state of projects for the creation of national intelligent transport systems. The key characteristics of sources of threats and zones of vulnerability of the technological platform for information interaction of highly automated vehicles have been determined. The key requirements to determine the composition and develop the specification of the tasks of the testing grounds when testing the information security of autonomous vehicles are given. The authors generalized the experience of designing test sites and proposed their version of the process of organizing the development and implementation of such a project. The authors considered the whole range of tasks of verification and validation of the components of an intelligent transport system from the standpoint of ensuring the security of information interaction, taking into account the capabilities of the V2X technology platform in a 5G mobile communications environment. The authors presented recommendations on introducing institutional conditions to regulate the creation and certification of devices and technologies for information interaction of autonomous vehicles in the Russian Federation. The priority of the further research is placed on developing hardware and software solutions and technological regulations (standards) for information security, as well as on forming methods and tools for testing self-driving cars for various purposes in the Russian Federation.

Keywords: intelligent transport system, digital technologies, autonomous vehicles, information security, testing ground, testing organization

Citation: O.M. Pisareva, V.A. Alexeev, D.N. Mednikov, A.V. Starikovskiy, Development of intelligent transport systems in the Russian Federation: defining requirements and organizing the creation of information security testing grounds, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 7–23. DOI: 10.18721/JE.13501

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

Создание отечественной интеллектуальной транспортной системы и развитие беспилотного автомобильного транспорта (общественного, коммерческого и государственного) с учетом странственной специфики нашей страны является важнейшим направлением развития цифровой экономики в Российской Федерации.

В рамках работы Наблюдательного совета Агентства стратегических инициатив 18 сентября 2019 г. Президент Российской Федерации В.В. Путин отметил, что появились новые технологии, которые поменяют и уже изменяют мир¹. В частности, в составе технологий, определяю-

¹ РИА Новости. 17.05.2020. URL: <https://ria.ru/20200517/1571580444.html>

щих сохранение и развитие русской цивилизации, президент выделил искусственный интеллект и беспилотную технику. Оба этих направления технологически переплетаются при создании интеллектуальной транспортной системы (ИТС). Построение ИТС, представляющей интегрированный комплекс взаимодействующих подсистем и элементов, является, независимо от ее масштаба, сложнейшей технической и организационной задачей. Следуя принципу интероперабельности, для обеспечения бесшовного *трансграничного* движения беспилотных транспортных средств, создаваемые ИТС различного уровня (в том числе в рамках ЕАЭС) должны функционировать по единому регламенту и использовать одинаковые технологии.

Беспроводные каналы связи и цифровые устройства управления высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) различного назначения формируют новый набор угроз, проявляющихся при взаимодействии подключенных и автономных автомобилей между собой и другими транспортными средствами, а также с дорожной инфраструктурой (ДИ), центрами управления автомобильным движением (со стороны регулятора) и центрами управления эксплуатацией ВАТС (со стороны владельца/оператора). Использование в рамках технологии беспилотных автомобилей беспроводных коммуникаций, распределенных центров хранения и обработки больших данных, бортовых компьютеров, контроллеров и иных электронных устройств связано с возрастающей опасностью деструктирующего случайного и умышленного электромагнитного воздействия на штатный режим функционирования региональных, национальных и международных интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Бесспорно, что при масштабном распространении беспилотного автомобильного движения в России проблематика обеспечения информационной безопасности ИТС как технологической платформы взаимодействия ВАТС с ДИ приобретает существенное значение для мониторинга дорожной обстановки, регулирования дорожного трафика и снижения аварийности. Объект настоящего исследования — транспортная система Российской Федерации в условиях расширения спектра используемых цифровых технологий в создании систем управления транспортного средства и комплексов организации и регулирования движения. Предметом исследования является безопасность функционирования беспилотных автомобилей в умной среде дорожного сообщения. Это требует рассмотрения вопросов и решения задач обеспечения информационной безопасности взаимодействия подключенных и автономных автомобилей между собой, а также с другими транспортными средствами, дорожной инфраструктурой и центрами управления беспилотными перевозками пассажиров и грузов. В этой связи необходимо в том числе пристальное изучение и анализ любого положительного опыта в области организации проектирования и создания полигонов тестирования систем кибербезопасности беспилотных автомобилей, что позволит усовершенствовать организационное и методическое обеспечение обоснования государственных программ и коммерческих проектов развития беспилотных технологий и интеллектуальной транспортной системы в нашей стране.

Предпосылки и цель исследования

Прогресс в области информационно-коммуникационных технологий стремительно преобразует социально-экономический ландшафт современных государств. Возросший в начале 2020-го г. спрос на оказание бесконтактных услуг и повсеместный переход к режиму удаленной работы показал перспективные ниши развития ИСТ-решений для различных секторов национальной экономики и сфер публичной власти. Однако на этом фоне специалисты выявляют существенные просчеты в работе цифровых технологий, связанных с развитием инфраструктуры систем передачи данных и обеспечением информационной безопасности, которые пока не рассчитаны на пиковые нагрузки и масштабную защиту юридически значимых транзакций. Кроме того, с развитием интернета вещей к действующим абонентам прибавятся умные машины и механизмы, которые резко увеличат нагрузку на сети связи общего и специального назначения.

Примерно с 2015 г. явно наметилась тенденция резкого увеличения количества подключенных устройств. По оценкам экспертов, к 2025 г. в мире ожидается расширение рынка интернета вещей до 40 млрд единиц². Распространение беспилотных технологий также предъявляет дополнительные требования к качеству информационно-коммуникационных решений для обработки и защиты больших объемов персонализированных данных владельцев, операторов и пользователей подключенных и автоматизированных транспортных средств (Connected and Automated Vehicles, CAV³) в среде ИТС. Хотя прогнозируемая доля ВАТС относительно не велика (не более 3–4%), необходимо учитывать, что к сегменту IoT в рамках ИТС относится строительная и дорожная техника, элементы регулирования движения (светофоры, дорожные знаки, информационные табло и др.). Дополнительную нагрузку на сети связи создают смартфоны, планшеты и другие мобильные устройства, которыми пользуются пешеходы, водители и пассажиры. Все это формирует устойчивый и возрастающий спрос на качественную сетевую инфраструктуру дороги, которая должна обеспечить потребность в различных сервисах без ущерба каналу взаимодействия ВАТС с ДИ.

Эффективная и надежная эксплуатация беспилотных транспортных средств в общественных и личных, государственных и коммерческих целях зависит от обеспечения необходимого уровня безопасности беспилотных транспортных и логистических услуг. Учитывая аппаратно-программную основу построения ИТС и большой объем накапливаемой и обрабатываемой в ней конфиденциальной информации и персональных данных, поддержание надежности и снижение рисков функционирования беспилотного транспорта связано, прежде всего, с решением задач информационной безопасности⁴.

По широкому кругу вопросов, связанных с безопасностью физических и киберфизических систем, ключевым моментом является обеспечение информационной безопасности взаимодействия беспилотного транспортного средства с дорожной инфраструктурой и другими участниками движения на автомобильных дорогах различного назначения. Главная цель проводимого исследования состоит в определении эффективных организационно-технических решений при создании и развитии испытательных полигонов для тестирования безопасности эксплуатации технологических платформ информационной интеграции управления беспилотным автомобилем и дорожной инфраструктурой. В этой связи для успешной организации работ по внедрению элементов ИТС в реальную хозяйственную практику важно оценить:

- существующие подходы к обеспечению безопасности информационного взаимодействия CAV с элементами ITS (так называемая технологическая платформа — Vehicle-to-Everything или V2X);
- текущее состояние разработок в области проектирования и создания испытательных полигонов для комплексного тестирования методов и средств обеспечения безопасности беспилотного транспорта в различных режимах/условиях его эксплуатации.

Такую работу необходимо проводить скоординировано, с участием как проектировщиков, производителей и пользователей беспилотных транспортных средств и интеллектуальных элементов дорожной инфраструктуры, так и регулирующих и контрольных органов. Важно разви-

² См., например, отчет международной консалтинговой компании Strategy Analytics Research Services. URL: <https://www.strategyanalytics.com/access-services/devices/connected-home/consumer-electronics/reports/report-detail/global-connected-and-iot-device-forecast-update>.

³ Отметим, что на международном уровне в специализированных исследованиях онтологическая модель для описания интеллектуальной транспортной системы (Intelligent Transportation Systems, ITS) еще не устоялась. Для обозначения автоматизированных автомобилей в специализированной литературе используются альтернативные термины, определяющие идентичную с CAV сущность, как правило, без привязки к степени автоматизации функций вождения. Например, Департаментом транспорта США в официальной программе развития интеллектуального транспорта введено понятие Connected Vehicles, CV (Intelligent Transportation System Strategic Plan 2015-2019 / The United States Department of Transportation. Washington, DC: US DOT, 2014. URL: <https://www.its.dot.gov/index.htm>). Для характеристики беспилотных наземных транспортных средств в США также применяют понятие Unmanned Ground Vehicles, UGV [1]; в Китае — Intelligent and connected vehicles, ICV (см. обзор [2]), в России часто употребляется термин «высокоавтоматизированное транспортное средство» (см., например, [3]), а в Сингапуре при подготовке официальных документов и в публикациях специалистов по организации автоматизированного движения — Autonomous vehicles, AV (см., например, [4]).

⁴ Cybersecurity guidebook for cyber-physical vehicle systems (SAE J3061-2016) / SAE International. Troy, Michigan: SAE International, 2016. URL: http://standards.sae.org/j3061_201601/

вать требования к стандартизации обеспечения информационной безопасности САУ. Знание аппаратно-программных и информационно-коммуникационных уязвимостей САУ позволит разработчикам точно идентифицировать проблемные зоны и диагностировать критические риски при реализации задач развития беспилотного транспорта в Российской Федерации.

Результат указанных действий позволит определять необходимые меры по изменению правовых основ и организационного механизма эксплуатации ВАТС и функционирования ИТС, а также стандартизации технической базы и унификации аналитического инструментария проверки и оценки уровня информационной безопасности систем автоматизированного/автономного управления беспилотных автомобилей. Это обеспечит создание условий для рациональной и эффективной реализации требований Указа Президента Российской Федерации от 07 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.» в части инновационного развития перспективных технологий и обеспечения высокой конкурентоспособности отечественной экономики на глобальном рынке продукции и услуг с высокой добавленной стоимостью.

Обзор литературы и исследований

Исследования и разработки в сфере создания технологий для наземного, воздушного и водного беспилотного транспорта ведутся в мире достаточно давно [5, 6]. Имеются свои оригинальные технические решения и у российских ученых, конструкторов и инженеров [7, 8]. В настоящее время спектр и уровень имеющегося научно-технического задела по беспилотным технологиям перевел проблему их эксплуатации в сферы нормативного и организационного обеспечения проектов внедрения и распространения беспилотных автомобилей различного функционального назначения. Россия активно включилась в работу по формированию институциональных основ и технических средств для создания собственной интеллектуальной транспортной системы. Так, в 2011 г. при Госстандарте России был создан технический комитет ТК 57 «Интеллектуальные транспортные системы», на который приказом Госстандарта России от 22 июля 2011 г. № 3821 были возложены полномочия по организации работ в области стандартизации разработки и эксплуатации беспилотного транспорта. Технические, информационные, технологические аспекты проектирования и разработки беспилотного транспорта охарактеризованы в работах [9–13]. Правовые, организационные, экономические аспекты построения инфраструктуры автомобильных дорог общего и специального назначения для эксплуатации САУ рассмотрены в работах [14–17]⁵. Задачи и методы обеспечения информационной безопасности САУ и ИТС представлены в работах [18–21]⁶.

Дополнительной эмпирической базой исследования стал широкий спектр разнообразных источников: нормативные правовые и стратегические плановые документы, статистические данные, научные и специализированные публикации, информационно-справочные и методические материалы международных организаций, включая данные интернет-сайтов ООН (<http://www.un.org>), ЕАЭС⁷ (<http://www.eaeunion.org/>), ОЭСР (<http://www.oecd.org>) и др., отчеты о проведении национальных и международных научно-практических и экспертных мероприятий.

При изучении состояния и результатов проведения научно-практических работ в рассматриваемой предметной области авторами применялись методы контентного и семантического, логического и статистического, сравнительного и экспертного анализа. Вместе с тем, задачи обобщения положений национальных стратегических планов развертывания ИТС и нормативных требова-

⁵ См. также: The economic and social value of autonomous vehicles. Compass Transportation and Technology, Inc. 2018. 58 p.

⁶ См. также: Safety first for automated driving. 2019. 157 p. URL: <https://www.aprive.com/docs/default-source/white-papers/safety-first-for-automated-driving-aptiv-white-paper.pdf>

⁷ В рамках ЕАЭС ключевые вопросы интеграции и координации деятельности стран-участниц в области ИТС решаются в рамках реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 г. (<https://digital.eaeunion.org/extranet/>) и профильных подразделений Евразийской экономической комиссии (Департамент транспорта и инфраструктуры, Департамент технического регулирования и аккредитации).

ний к обеспечению безопасности беспилотного транспорта, унификации разработки методического и аналитического инструментария для анализа и оценки информационной безопасности технологической платформы взаимодействия CAV с дорожной инфраструктурой, а также задачи формирования подходов к проектированию испытательных полигонов для тестирования устойчивости систем управления беспилотного транспорта к различным видам и способам нарушения корректности его коммуникаций с экосистемой V2X ждут своих решений.

Методология и результаты исследования

С системных позиций развитие технологий автоматизации автомобильного движения следует рассматривать как следствие общего процесса цифровой трансформации в информационном обществе. Современные компьютерная техника и коммуникационное оборудование создают предпосылки для радикальной реструктуризации национальной экономики. Инновационные проекты индустриального и инфраструктурного назначения в цифровой экономике отличает *комплексность* используемых базовых (сквозных) технологий нового поколения. В частности, для создания беспилотных транспортных средств и построения интеллектуальной транспортной системы активно используются методы и технологии беспроводной связи, больших данных, искусственного интеллекта, распределенных реестров, робототехники и сенсорики. В свою очередь, новые возможности беспилотных автомобилей оказывают широкое воздействие на бизнес-процессы и меняют облик обслуживаемых отраслей, адаптируя сопряженные технические и организационные решения для взаимодействующих экономических и социальных агентов в экосистеме интеллектуального транспорта.

С одной стороны, масштабная автоматизация через развитие кооперативных транспортных систем и интеллектуальной мобильности направлена на снижение рисков в процессе транспортировки, с другой стороны, цифровизация автомобилей и дорожной инфраструктуры через появление *новых* зон уязвимости и направлений угроз для совокупности взаимодействующих между собой киберфизических систем приводит к повышению рисков автономного (автоматизированного) движения транспортных средств. Поэтому разработка технологий CAV нуждается в оценке последствий использования, что требует комплексного рассмотрения структуры взаимосвязей в киберфизических системах интеллектуального автомобильного транспорта.

Появление протокола связи между отдельными машинами (Vehicle-to-Vehicle, V2V — подсистема интернета вещей) и их использование в автомобильных системах открыло путь для новых технологий: системы связи между автомобилем и пешеходом (Vehicle-to-Pedestrian, V2P), между автомобилем и отдельным устройством (Vehicle-to-Device, V2D), между электромобилем и электросетью (Vehicle-to-Grid, V2G), между автомобилем и элементами умных домов (Vehicle-to-Home, V2H), между автомобилем и сетью связи (Vehicle-to-Network, V2N), между автомобилем и элементами дорожной инфраструктурой (Vehicle-to-Infrastructure, V2I), т.е. в широком смысле сетевых технологий на транспорте.

Освоение следующего поколения мобильной связи 5G создает предпосылки и базу для построения механизма эффективных взаимодействий в рамках ИТС по различным плоскостям (slice): умный транспорт подразумевает использование коммуникаций по принципу V2X (Vehicle-to-Everything), где поддерживается среда обмена данными между автомобилями и различными элементами окружения дорожной сети общего и выделенного пользования.

С переходом к протоколам и устройствам мобильной связи 5G появилась возможность построения единой технологической платформы высокоскоростного обмена электронными данными и применения методов искусственного интеллекта в общей цифровой среде между автомобилем и различными элементами (субъектами и объектами) внешнего окружения в целостной интеллектуальной транспортной системе с поддержанием динамических коммуникаций для комплекса аппаратно-программных решений V2X. При этом, в отличие от ряда других стран, Россия при-

держивается технологической нейтральности в вопросе выбора стандарта для V2X и тестирует на полигоне ФГУП «НАМИ»⁸ разные варианты построения технологической платформы связи в рамках ИТС.

В этих условиях необходима активизация согласованной и комплексной работы в области технического нормирования, регулирования, стандартизации и поддержки инновационных проектов разработки информационно-технологических решений для российских прототипов CAV [8, 22 и др.]. Синтез лучших идей, практик и технологий позволяет минимизировать издержки и недостатки экспериментального периода разработки элементов и инфраструктуры ИТС.

Стратегиями и дорожными картами развития национальных ИТС в странах, лидирующих по беспилотным технологиям⁹, предусматривается первостепенное решение задач поэтапного обеспечения безопасности для различной категории транспортных средств. В соответствии с устоявшейся практикой и принятыми стандартами технологии подразделяются на 5 уровней автоматизации автомобилей: от «1» (функция помощи водителю) до «5» (полная автоматизация вождения); уровень «0» обозначает отсутствие автоматизированных компонентов в системе управления транспортным средством. Для Российской Федерации, не охваченной указанным обзорным исследованием КРМГ в области развития технологий беспилотных автомобилей, в условиях существования значительного научно-технического задела и подготовленных инженерных кадров в области автоматического управления сложными техническими системами следование тактике догоняющего развития при создании и внедрении CAV может принести определенные преимущества: синтез лучших идей, практик и технологий позволит минимизировать издержки и недостатки экспериментального периода разработки элементов и инфраструктуры ИТС.

На наш взгляд, наиболее представительными и полезными для анализа являются официальные нормативные материалы планирования развития беспилотного транспорта в странах Европейского Союза, США, Китае, Японии, Южной Кореи и Сингапуре. В табл. 1 представлена обобщенная информация о национальных инициативах в области беспилотного автомобильного движения и его безопасности.

Обзор возможных подходов к анализу проблем надежности эксплуатации CAV и построению концептуальных основ обеспечения информационной безопасности в среде ITS представлен в работе [23]. Приведенные в ней положения основаны на результатах разработки общего видения по взаимодействию при развертывании интеллектуальных транспортных систем (Cooperative Intelligent Transport Systems, C-ITS), разработанного в интересах Европейской комиссии¹⁰. Это нашло свое дальнейшее развитие в Европейской стратегии по кооперативным интеллектуальным транспортным системам C-ITS, принятой 30 ноября 2016 г.

Рекомендации предполагают структуризацию задачи обеспечения информационной безопасности технологической платформы V2X в рамках описания стратегической модели киберфизических систем и инфраструктуры транспортных средств. Механизм взаимодействия автономного транспортного средства с физической и киберфизической инфраструктурой формируется комплексным использованием технологий интеллектуальной мобильности: автоматизации; цифрового интерфейса; информационной взаимосвязанности и цифровых данных. Оценка надежности технологической платформы V2X связана с исследованиями возможностей и последствий влияния на указанные функциональные зоны автоматизации угроз, исходящих из различных источников и с различными целями.

⁸ Проведены испытания технологий ITS-G5 стандарта ETSI и C-v2x стандарта 3GPP // Вестник ГЛОНАСС. 30.03.2019. URL: <http://vestnik-glonass.ru/news/tech/standarty-obespecheniya-svyazi-podklyuchennykh-avtomobiley-otrabotayut-v-nami/>

⁹ Наиболее авторитетным средством мониторинга готовности стран к созданию ITS является разрабатываемый консалтинговой компанией КРМГ «Индекс готовности автономных транспортных средств»: последний отчет был подготовлен в 2019 г. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2019/02/2019-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>.

¹⁰ Исследовательский проект, инициированный в ноябре 2014 г., позволил принять 30.11.2016 г. Европейскую стратегию по кооперативным интеллектуальным транспортным системам C-ITS. URL: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>; <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2017-09-c-its-platform-final-report.pdf>

Таблица 1. Базовые национальные инициативы в области беспилотного автомобильного движения и обеспечения его безопасности

Table 1. General basic national initiatives on self-driving and safety

| Страны | Базовый документ | Аспект/область лучшей практики |
|------------------|--|---|
| Европейский Союз | Стратегия по подключенной и автоматизированной мобильности ¹¹ | структурированность и согласованность стратегических инициатив развития ITS |
| США | Стратегический план интеллектуальных транспортных систем на период 2015–2019 ¹² | масштабность намеченных преобразований и пионерские решения Society of Automotive Engineers, SAE, и The National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA, для стандартизации беспилотного автотранспорта, включая область безопасности |
| КНР | Дорожная карта по развитию технологий интеллектуальных транспортных средств ¹³ | близость исходных условий развития и относительная политическая доступность тиражируемых технологий беспилотного транспорта |
| Япония | Межведомственная программа содействия стратегическим инновациям: автоматическое вождение для универсальных услуг ¹⁴ | уровень инженерно-технических и организационно-технологических решений для автоматизации автомобильного движения в урбанизированном пространстве |
| Южная Корея | Генеральный план развития автомобильной индустрии ¹⁵ | темпы изменений и степень централизации государственных решений по мобилизации и координации участников рынка беспилотных технологий и систем на основе Национальной стратегии 4-й промышленной революции |
| Сингапур | Инициатива для автономных автомобилей ¹⁶ | комплексность, компактность и завершенность согласованных решений для приближения к «идеальному» общественному образу ITS в рамках проекта «Умной мобильности» |

Источник: Подготовлено авторами

В ряде исследовательских работ проводится анализ уязвимости моделей транспортных систем с различным уровнем автоматизации [24 и др.], для которых определяется типология дистанционных атак в зависимости от трех категорий характеристик беспилотных автомобилей: зона для удаленной атаки, киберфизические особенности транспортного средства, используемая сетевая архитектура.

В частности, в работе [25] выделено семь основных категорий дистанционных атак, основанных на анализе характеристик 20 моделей транспортных средств. Это исследование установило очевидную тенденцию роста возможных потенциальных векторов атаки для новейших автомобилей с технологиями автоматизированного управления вождением (Connected Automated Driving, CAD), что подчеркивает важность проведения дополнительных исследований в области обеспечения безопасности платформы V2X для разработки более эффективных способов и средств защиты от угроз умышленного негативного воздействия в цифровой среде ИТС (с желательным опережением характеристик перспективных/прогнозируемых методов взлома контура безопасности киберфизической системы CAV).

Возможный подход к построению комплексной модели угроз для автоматизированных систем вождения, включая внешние атаки, в рамках платформы V2X и разработке метода оценки атак через различные каналы телекоммуникации предложен К. Окуямой¹⁷. Он обобщил первые

¹¹ The European Union strategy on connected and automated mobility. URL: <https://ec.europa.eu/transport/>

¹² Intelligent Transportation System Strategic Plan 2015-2019. URL: <https://www.its.dot.gov/>

¹³ The SAE China's technology roadmap for energy-saving and new energy vehicles. URL: <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757018/c5600356/content.html>

¹⁴ The Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP): Automated Driving for Universal Services (ADUS). URL: <https://en.sip-adus.go.jp/sip/>

¹⁵ The national master plan of the automotive industry development. URL: https://www.molit.go.kr/english/USR/WPGE0201/m_36859/DTL.jsp

¹⁶ The Singapore autonomous vehicle initiative. URL: <https://www.lta.gov.sg/savi-step-towards-autonomous-transport.html>

¹⁷ Okuyama K. Formulation of a comprehensive threat model for automated driving systems including external vehicular attacks such as V2X and the establishment of an attack evaluation method through telecommunication. SIP-adus: Project Reports, 2014-2018. Automated Driving for Universal Services. Cabinet Office, Government of Japan, 2019, pp. 77–83.

результаты реализации в Японии проекта ADUS программы SIP на основе комбинации методов кластеризации, статистического анализа и нечетких множеств (для структурирования и идентификации уровня угроз в номинальной шкале).

Анализ общей практики разработки и испытаний CAV показывает, что в целом эксперты [26, 27]¹⁸ связывают основные перспективы построения и функционирования национальных интеллектуальных транспортных систем и международных транспортных коридоров с платформами V2X в рамках развития инфраструктуры сотовых сетей нового поколения. При этом для создания эффективной ИТС потребуется использование комплекса технологий связи. Например, специалистами немецкого исследовательского центра Huawei была дана характеристика использования спектра будущих технологий — разрабатываемых в интересах мобильной связи высокочастотных (свыше 6 ГГц) и широкополосных диапазонов (mmWav для 60 Гц), а также оптических каналов связи (VVLC для 485-789 ТГц), которые будут включены в архитектуру сети доступа для платформы V2X (см. табл. 2).

Таблица 2. Требования к коммуникационной инфраструктуре ИТС для различных режимов использования платформы V2X (специфика проектирования архитектуры сети)
Table 2. Requirements for communication infrastructure of ITS for various modes of use of the V2X platform (specifics of network architecture design)

| Тип использования | Режим V2X | Сквозная задержка (ms) | Надежность | (Kbps) | Спектр связи |
|------------------------------------|-----------|------------------------|------------|---------|--------------------|
| Совместная осведомленность | V2V/V2I | 100-1000 | 90-95% | 5-96 | короткий и средний |
| Совместное восприятие | V2V/V2I | 3-1000 | 95% | 5-25000 | короткий |
| Совместное маневрирование | V2V/V2I | 3-1000 | 99% | 10-5000 | короткий и средний |
| Обзор уязвимых участников | V2P | 100-1000 | 95% | 5-10 | короткий |
| Управление эффективностью движения | V2N/V2I | 1000 | 90% | 10-2000 | длинный |
| Вождение с телеоператором | V2N | 5-20 | 99% | 25000 | длинный |

Источник: <https://www.huawei.eu/what-we-do/car-connectivity>

Проведение тестирования информационной безопасности беспилотных транспортных средств при воспроизведении реальных условий эксплуатации (до периода испытаний на выделенных участках дорожной сети и/или на дорогах общего пользования, если это разрешается национальными стандартами), как правило, осуществляется в два этапа: 1) проводятся эксперименты с отработкой угроз случайного и умышленного нарушения контура информационной защиты CAV в специализированных лабораториях, в том числе с тестовыми площадками ограниченного размера, 2) выполняются проверки надежности на полигонах с воспроизведением различных участков дорожной сети и окружающего городского и природного ландшафта. Испытательные полигоны в автомобильной промышленности используются давно и широко, решая задачи тестирования образцов новых/модернизированных транспортных средств и оценки различных их характеристик: уровень выбросов, динамика автомобиля, надежность механизмов и системы управления, прочность конструкции, защищенность водителя и пассажиров и т.д. Од-

¹⁸ См. также: PEGASUS method: An overview. 2019. 33 p.; Automated vehicles index: 1Q, 2016. Munich, Roland Berger GmbH, 2015. 18 p.; Berger C. Automating acceptance tests for sensor- and actuator-based systems on the example of autonomous vehicles. Aachen, Shaker Verlag, 2010. 272 p.

нако, как правило, традиционные испытательные полигоны не имеют возможности тестировать все различные характеристики вождения САV [26], а также оценивать различные сценарии автоматизированного вождения, имеющие отношение к оценке функциональных режимов и информационной безопасности САV в среде сетевых коммуникации. Таким образом, дополнительно к общим проверкам систем и устройств пассивной и активной безопасности общей конструкции автомобиля необходимо тестирование безопасности информационного взаимодействия исправного САV, которое может осуществляться в виртуальной (математическое и компьютерное моделирование работы программного и аппаратного обеспечения автомобиля и его компонентов) и реальной (лабораторные и полигонные испытания полностью или частично укомплектованного автомобиля и его компонентов) среде для различных сценариев реализации факторов риска нарушения системы управления автомобиля.

Анализ научных публикаций и доступных информационных материалов показал, что в настоящее время отсутствует какой-либо единообразный концептуальный подход к разработке проекта испытательного полигона для САV. Тем не менее, можно найти определенные методические рекомендации [26] по использованию *субъективных критериев* для оценки эффективности испытательного полигона (на стадиях его проектирования и создания) на основе целевой коллективной дискуссии (экспертизы) с участием представителей научных кругов, бизнеса и государственных чиновников при обсуждении проекта его создания. В частности, исследователи из Мичиганского университета¹⁹ предлагают исходить при разработке концепции, планировки и спецификации испытательного полигона из *обобщенных характеристик* множества ключевых дорожных ситуаций при различных сценариях эксплуатации беспилотных автомобилей в разнообразных погодных условиях и моделях поведения водителей обычных транспортных средств. Попытка применить *количественные метрики* для оценки различных характеристик испытательного полигона и проверки структуры его наземных дорог представлена в работах [28, 29 и др.]. Как правило, предлагается использовать непараметрический байесовский метод обучения на основе экспериментальных наборов данных с выборочной оптимизацией для оценки совместимости характеристик между различными базовыми сценариями дорожного движения. Большинство авторов предлагают общий подход на основе описания типичных случаев эксплуатации САV и реальных событий вождения в естественных условиях. Это гипотетически позволяет использовать методы оптимизации при проектировании полигона с использованием ограниченного количества дорожных активов (элементов дорожной инфраструктуры) для выработки обоснованного суждения о показателях качества тестируемых экземпляров интеллектуальных транспортных средств различного назначения и уровня автоматизации.

В целом при различии предложений о методологии проектирования испытательных полигонов для САV можно выделить одно общее положение — исходной точкой разработки проекта является определение основной цели процесса тестирования, которая должна быть декомпозирована/классифицирована по следующим ключевым аспектам проверки компонент и системы автоматизированного вождения:

- работоспособность и совместимость;
- надежность функционирования;
- долговечность эксплуатации;
- информационная безопасность (кибербезопасность);
- целостность данных и защита конфиденциальности.

В свою очередь, параметры полигона и условия испытаний САV должны:

- учитывать различные проблемы при тестировании технологий в зависимости от вариантов использования, функций и выбранных уровней автоматизации движения;

¹⁹ Peng H., McGuire G. Mcity ABC test: A concept to assess the safety performance of highly automated vehicles. University of Michigan, 2019. 15 p.

– воспроизводить детерминированные или стохастические ситуации тестирования в реальной или виртуальной среде;

– предоставлять возможность проверять функции автоматического вождения воспроизводимым и эффективным способом при решении задач государственной сертификации CAV;

– позволять проводить оценку ответственности и страховать риски владельца/оператора CAV.

Исходя из сформулированной цели создания тестовой площадки, организация проектирования испытательного полигона должна включать этап предварительного согласования заинтересованными сторонами его спецификации для уточнения набора стандартных и специальных задач проверки характеристик технологий и систем CAV. Т.е. планировка и оборудование полигона должна учитывать все необходимые требования для проверки функций автоматизированного вождения с выбранных/заданных позиций (например, обеспечение кибербезопасности). Набор необходимых элементов испытательного полигона, а также соответствующее оборудование исследовательских лабораторий и контрольного исследовательского центра определяются локализацией задач в рассмотренной ранее пирамиде испытаний и проверок в рамках так называемой V-модели тестирования CAV [30 и др.]).

В общем случае, обобщая положения работ [27, 31, 32 и др.], можно отметить, что спецификация полигона для оценки информационной безопасности платформы V2X должна включать возможность тестирования следующих компонент:

- общая архитектура автономного транспортного средства;
- оборудование системы автоматизированного вождения;
- программное обеспечение системы автоматизированного вождения.

При этом тестирование должно проводиться в условиях симуляции угроз как в лаборатории (Simulation Testing), так и в движении (Driving Testing).

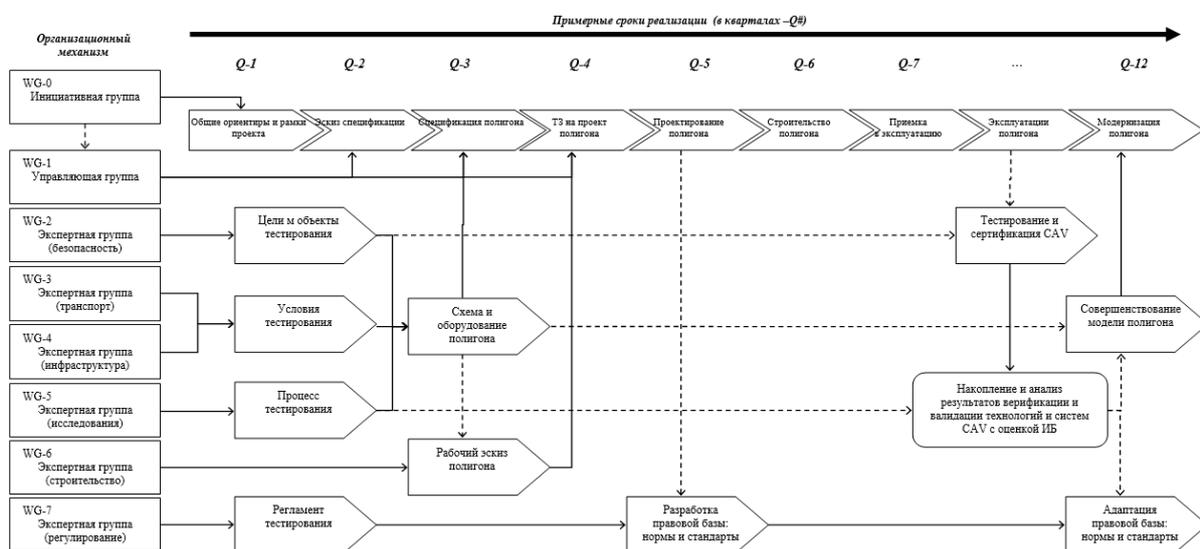


Рис. 1. Схема процесса разработки и реализации проекта испытательного полигона тестирования безопасности информационного взаимодействия технологической платформы V2X

Fig. 1. Integrated diagram of the development and implementation process of the project for testing the security of information interaction of the V2X technological platform

Источник: подготовлено авторами на основе [26, 31] и Cybersecurity guidebook for cyber-physical vehicle systems (SAE J3061-2016) (использованы обозначения: ИБ — информационная безопасность; WG — рабочая группа).

Кроме того, спецификация полигона должна обеспечивать тестирование уязвимостей САУ для оценки следующих функций: 1) восприятие; 2) принятие решений; 3) навигация; 4) управление действиями [33 и др.].

При проектировании испытательного полигона в рамках формирования общего подхода к валидации системы автоматизированного вождения транспортного средства необходимо разработать схему процесса оценки. Независимо от использования конкретных методов проведения испытаний, процесс оценки характеристик обеспечения информационной безопасности САУ должен включать следующие этапы:

- определение наборов функционального тестирования;
- обоснование состава и описание дизайна процедур тестирования;
- подготовка условий симуляции и/или натуральных испытаний; определение порядка тестирования и накопления данных результатов испытаний;
- определение порядка обработки и оценки результатов испытаний; описание механизма обратной связи и улучшений процедур тестирования; формирование заключений и рекомендаций [18, 34 и др.].

Спецификация задач и схемы процесса тестирования позволяют определять и уточнять временные и стоимостные параметры разработки проекта испытательного полигона (состав и характеристики элементов, состав и характеристики оборудования, состав и график работ, объем и структура финансирования и др.), что схематично представлено на рис. 1.

Выводы

Подводя итоги выполненного исследования, можно сформулировать ряд выводов, имеющих принципиальное значение при разработке и создании надежных и безопасных технических решений в сфере САУ.

1. Стратегии развития технологий и систем САУ встраиваются в общую логику развития национальных транспортных систем²⁰ с учетом интеллектуализации инфраструктуры и сервисов, а также определения приоритетов в области безопасности эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств.

2. Создание испытательного полигона для оценки состояния и обоснованию мер информационной безопасности системы взаимодействия «беспилотное транспортное средство — дорожная инфраструктура», представляет собой сложный комплексный проект, предполагающий участие представителей различных сторон: государства, бизнеса и науки.

3. Успешная реализации проекта зависит, прежде всего, от корректного определения целей тестирования информационной безопасности технологической платформы V2X и дифференциации задач тестирования для спецификации требований к полигону и реализации плана испытаний отдельных функций системы автоматизированного вождения и САУ в целом в условиях среды сетевых коммуникаций.

4. Необходима синхронизация планирования и осуществления технических работ проекта с разработкой мер нормативного правового регулирования создания и эксплуатации САУ: технологические требования и стандарты (регламенты и протоколы, законодательные нормы и правила (законы и подзаконные акты).

5. Дорожная карта создания испытательного полигона для оценки информационной безопасности платформы V2X должна формироваться как проект создания специализированной тестовой площадки для лабораторных и полевых испытаний на ограниченной территории с виртуаль-

²⁰ С учетом пространственной организации дорожной сети на огромной территории Российской Федерации важно распределение ответственности участников рынка, чтобы обеспечить баланс экономической и социальной эффективности программ создания национальной ИТС (на значительных участках трасс объем трафика обмена данными далек от требований рентабельности услуг мобильной связи).

ной и реальной имитацией дорожной сети и ситуаций в соответствии с разрабатываемой картой и моделью угроз для коммуникации CAV.

6. Порядок и правила тестирования информационной безопасности платформы V2X зависят от регламента использования спектра частот сетями связи общего и специального назначения, что требует дополнительного согласования частотных характеристик и параметров используемого оборудования (особенно, если предполагается испытание зарубежных устройств и технологий, не используемых в настоящее время на территории России).

Таким образом, обеспечение необходимого уровня информационной безопасности является одной из ключевых задач обеспечения транспортной безопасности в целом. С ростом автоматизации транспортных средств, развитием их автономности требуется усилить работу по выявлению и изучению новых угроз. На наш взгляд, такая работа должна быть организована централизованно и подчиняться единому регламенту испытаний для оценки рисков эксплуатации CAV в среде ИТС. Такой регламент должен опираться на группу стандартов, которые необходимо разработать и постоянно совершенствовать.

Необходимо отметить, что в силу специфики отрасли тестирование и сертификацию необходимо проводить не только при разработке *новой* продукции, но и при периодическом контроле допуска ВАТС к эксплуатации, в том числе при подключении к сервисам ИТС. Это должно обеспечить повышение уровня безопасности пассажиров, исключить возможность или минимизировать вероятность появления инцидентов, приводящих к причинению вреда здоровью или материальному ущербу.

Представленные положения и сформулированные рекомендации могут быть полезны при разработке концепции и инструментария тестирования технологической платформы V2X. В правовом поле Российской Федерации необходимо описание требований к проектированию и созданию специализированного полигона для тестирования технологий обеспечения информационной безопасности систем автоматизированного вождения транспортных средств в различных условиях состояния сетевой инфраструктуры. Очевидной становится задача совершенствования нормативного регулирования²¹ в области разработки и эксплуатации автоматизированного автомобильного транспорта различного типа, а также проведения сертификации систем и устройств ВАТС с позиции оценки информационной безопасности. Таким образом, одним из приоритетных направлений дальнейших исследований становятся разработка аппаратно-программных решений и технологических регламентов (стандартов) для обеспечения информационной безопасности, а также обоснование методики и создание инструментария тестирования беспилотных автомобилей различного назначения. Это позволит синхронизировать национальную повестку создания технологий беспилотного транспорта с общемировыми тенденциями построения инфраструктуры ИТС, ориентированной на решение задач стратегического развития Российской Федерации в условиях процесса цифровой трансформации общества, экономики и бизнеса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Sadrpour A., Jin J. et al.** Simulation-based acceptance testing for unmanned ground vehicles. *International Journal of Vehicle Autonomous Systems*, 2013, no. 11–1, pp. 62–85.
2. **Zou B., Li W., Wang D.** Analysis on current situation of China's intelligent connected vehicle road test regulations. *MATEC Web of Conferences*, 2019, no. 259, 02003. DOI: 10.1051/mateconf/201925902003
3. **Чучаев А.И., Маликов С.В.** Ответственность за причинение ущерба высокоавтоматизированным транспортным средством: состояние и перспективы // *Актуальные проблемы российского права*. 2019. № 6. С. 117–124.

²¹ Включая коррекцию и адаптацию комплекса предварительных национальных стандартов Российской Федерации, разработанных техническим комитетом ТК 57 «Интеллектуальные транспортные системы» с учетом основных нормативных положений международных стандартов (ISO в области ИТС).

4. **Taeihagh A., Lim H.** Governing autonomous vehicles: Emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. *Transport Reviews*, 2018, no. 39–1, pp. 103–128. DOI: 10.1080/01441647.2018.1494640
5. **Maurer M., Gerdes J. et al.** *Autonomous driving. Technical, legal and social aspects.* Springer, 2016. 706 p.
6. **Popkova E.G., Ostrovskaya V.N. (Eds.)**. *Perspectives on the use of new information and communication technology (ICT) in the modern economy.* Springer, 2019. 1178 p.
7. **Носов А.Г.** Экономические и инфраструктурные аспекты развития технологий беспилотного транспорта // *Транспорт Российской Федерации*. 2016. № 5. С. 21–25.
8. **Казанская Л.Ф., Савицкая Н.В., Камзол П.П.** Перспективы развития беспилотного транспорта в России // *Бюллетень результатов научных исследований*. 2018. № 2. С. 18–28.
9. **Anderson J., Kalra N. et al.** *Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers.* Santa Monica, CA, RAND Corporation. 2016. 214 p.
10. **Childress S., Nichols B. et al.** Using an activity-based model to explore possible impacts of automated vehicles. *Journal of the Transportation Research Board*, 2016, no. 2493, pp. 99–106.
11. **Schwab K.** *The fourth industrial revolution.* New York, Crown Business, 2017. 192 p.
12. **Чикрин Д.Е., Савенков П.А., Шагиев Р.И.** Интегрированные системы высокоточной спутниково-локально-инерциальной навигации в задачах беспилотного управления транспортными средствами // *Наноиндустрия*. 2019. № 5(89). С. 49–56.
13. **Иванов В.В., Малинецкий Г.Г.** *Цифровая экономика: мифы, реальность, перспектива.* М.: Российская академия наук, 2017. 63 с.
14. **Clements L., Kockelman K.** Economic effects of automated vehicles. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2017, no. 1, pp. 106–114.
15. **Дубинина М.Г., Макарова Ю.А.** Анализ технико-экономических показателей беспилотных транспортных средств // *Концепции*. 2018. № 1. С. 28–44.
16. **Ларин О.Н., Куприяновский В.П.** Вопросы трансформации рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики. *International Journal of Open Information Technologies*. 2018. № 3. С. 95–101.
17. **Степанян А.Ж.** Проблемы регулирования беспилотных транспортных средств. *Вестник Университета имени О.Е. Кутафина*, 2019. № 4(56). С. 169–174. DOI: 10.17803/2311-5998.2019.56.4.169-174
18. **Automotive security: Best practices. Recommendations for security and privacy in the era of the next-generation car.** McAfee White paper, 2016. 23 p.
19. **Zhao D., Lam H. et al.** Accelerated evaluation of automated vehicles safety in lane-change scenarios based on importance sampling techniques. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, no. 18–3, pp. 595–607. DOI: 10.1109/TITS.2016.2582208
20. **Cui J., Sabaliauskaite G.** On the alignment of safety and security for autonomous vehicles. *Proc. IARIA CYBER 2017. Barcelona, 2017*, pp. 1–6.
21. **Schneier B.** *Secrets and lies: Digital security in a networked world.* Wiley, 2015. 448 p.
22. **Лажметкина Н.Ю., Щелкунова И.В., Рогова Д.А.** Развитие транспортных систем в цифровой повестке // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2019. № 4. С. 114–120.
23. **Tokody D., Albini A. et al.** Safety and security through the design of autonomous intelligent vehicle systems and intelligent infrastructure in the smart city. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 2018, no. 16(3-A), pp. 384–396. DOI: 10.7906/indecs.16.3.11
24. **Checkoway S., McCoy D. et al.** Comprehensive experimental analyses of automotive attack surfaces. *Proceedings of the 20th USENIX conference on Security (SEC'11)*. 2011, 6.
25. **Miller C., Valasek C.** A survey of remote automotive attack surfaces. *Black Hat*, 2014. 94 p.
26. **Szalay Z., Tettamanti T. et al.** Development of a test track for driverless cars: Vehicle design, track configuration, and liability considerations. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 2018, no. 46(1), pp. 29–35. DOI: 10.3311/PPtr.10753
27. **Montemerlo M., Becker J. et al.** The Stanford entry in the urban challenge. *Journal of Field Robotics*, 2008, no. 7(9), pp. 468–492.
28. **Chen R., Arief M. et al.** How to evaluate proving grounds for self-driving? A quantitative Approach. arXiv preprint, 2020, 1909.09079v5. URL: <https://arxiv.org/pdf/1909.09079.pdf> (дата обращения: 10.08.2020)
29. **Chen R., Arief M., Zhao D.** An “Xcity” optimization approach to designing proving grounds for connected and autonomous vehicles. arXiv preprint, 2018, 1808.03089v1. URL: <https://arxiv.org/pdf/1808.03089.pdf> (дата обращения: 10.08.2020)

30. **Szalay Z., Nyerges A. et al.** Technical specification methodology for an automotive proving ground dedicated to connected and automated vehicles. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 2017, no. 45(3), pp. 168–174. DOI: 10.3311/PPtr.10708
31. **Huang W., Wang K. et al.** Autonomous vehicles testing methods review. *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2016, pp. 163–198. DOI: 10.1109/ITSC.2016.7795548
32. **Joerger M., Jones C., Shuman V.** Testing connected and automated vehicles (CAVs): Accelerating innovation, integration, deployment and sharing results. Meyer G., Beiker S. (Eds.). *Road vehicles automation*. 5th ed. Springer, 2019, pp. 197–206.
33. **Geiger A., Lenz P., Urtasun R.** Are we ready for autonomous driving? The KITTI vision benchmark suite. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2012, pp. 3354–3361. DOI: 10.1109/CVPR.2012.6248074
34. **Huang W., Wen D. et al.** Task-specific performance evaluation of UGV's: Case studies at the IVFC. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2014, no. 15(5), pp. 1969–1979.

REFERENCES

1. **A. Sadrpour, J. Jin, et al.**, Simulation-based acceptance testing for unmanned ground vehicles. *International Journal of Vehicle Autonomous Systems*, 2013, no. 11–1, pp. 62–85.
2. **B. Zou, W. Li, D. Wang**, Analysis on current situation of China's intelligent connected vehicle road test regulations. *MATEC Web of Conferences*, 2019, no. 259, 02003. DOI: 10.1051/mateconf/201925902003
3. **A.I. Chuchayev, S.V. Malikov**, Otvetstvennost za prichineniye ushcherba vysokoavtomatizirovannym transportnym sredstvom: sostoyaniye i perspektivy [Liability for causing damage by a highly automated vehicle: state and prospects]. *Aktualnyye problemy rossiyskogo prava*, 2019, no. 6, pp. 117–124. (rus)
4. **A. Taeihagh, H. Lim**, Governing autonomous vehicles: Emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. *Transport Reviews*, 2018, no. 39–1, pp. 103–128. DOI: 10.1080/01441647.2018.1494640
5. **M. Maurer, J. Gerdes, et al.**, *Autonomous driving. Technical, legal and social aspects*. Springer, 2016. 706 p.
6. **E.G. Popkova, V.N. Ostrovskaya (Eds.)**, *Perspectives on the use of new information and communication technology (ICT) in the modern economy*. Springer, 2019. 1178 p.
7. **A.G. Nosov**, Ekonomicheskiye i infrastrukturnyye aspekty razvitiya tekhnologiy bespilotnogo transporta [Economic and infrastructural aspects of the development of technologies for unmanned vehicles]. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, 2016, no. 5, pp. 21–25. (rus)
8. **L.F. Kazanskaya, N.V. Savitskaya, P.P. Kamzol**, Perspektivy razvitiya bespilotnogo transporta v Rossii [Prospects for the development of unmanned vehicles in Russia]. *Byulleten rezultatov nauchnykh issledovaniy*, 2018, no. 2, pp. 18–28. (rus)
9. **J. Anderson, N. Kalra, et al.**, *Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers*. Santa Monica, CA, RAND Corporation. 2016. 214 p.
10. **S. Childress, B. Nichols, et al.**, Using an activity-based model to explore possible impacts of automated vehicles. *Journal of the Transportation Research Board*, 2016, no. 2493, pp. 99–106.
11. **K. Schwab**, *The fourth industrial revolution*. New York, Crown Business, 2017. 192 p.
12. **D.E. Chikrin, P.A. Savenkov, R.I. Shagiev**, Integrirovannyye sistemy vysokotochnoy sputnikovo-lokalno-inertsialnoy navigatsii v zadachakh bespilotnogo upravleniya transportnymi sredstvami [Integrated systems of high-precision satellite-local-inertial navigation in the tasks of unmanned vehicle control]. *Nanoindustriya*, 2019, no. 5(89), pp. 49–56. (rus)
13. **V.V. Ivanov, G.G. Malinetskiy**, Tsifrovaya ekonomika: mify, realnost, perspektiva [Digital economy: Myths, reality, perspective]. Moscow, Rossiyskaya akademiya nauk, 2017. 63 p. (rus)
14. **L. Clements, K. Kockelman**, Economic effects of automated vehicles. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2017, no. 1, pp. 106–114.
15. **M.G. Dubinina, Yu.A. Makarova**, Analysis of technical and economic characteristics of unmanned transport vehicles. *Concepcii*, 2018, no. 1, pp. 28–44. (rus)
16. **O.N. Larin, V.P. Kupriyanovskiy**, Voprosy transformatsii rynka transportno-logisticheskikh uslug v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki [Transformation of the market of transport and logistics services in the context of digitalization of the economy]. *International Journal of Open Information Technologies*, 2018, no. 3, pp. 95–101. (rus)

17. **A.Z. Stepanian**, Problems of regulation of unmanned vehicles. Courier of Kutafin Moscow State Law University, 2019, no. 4, pp. 169–174. (rus). DOI: 10.17803/2311-5998.2019.56.4.169-174
18. Automotive security: Best practices. Recommendations for security and privacy in the era of the next-generation car. McAfee White paper, 2016. 23 p.
19. **D. Zhao, H. Lam, et al.**, Accelerated evaluation of automated vehicles safety in lane-change scenarios based on importance sampling techniques. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, no. 18–3, pp. 595–607. DOI: 10.1109/TITS.2016.2582208
20. **J. Cui, G. Sabaliauskaite**, On the alignment of safety and security for autonomous vehicles. Proc. IARIA CYBER 2017. Barcelona, 2017, pp. 1–6.
21. **B. Schneier**, Secrets and lies: Digital security in a networked world. Wiley, 2015. 448 p.
22. **N.U. Lakhmetkina, I.V. Schelkunova, D.A. Rogova**, The development of transport systems in the digital agenda. Intelligence. Innovations. Investment, 2019, no. 4, pp. 114–120. (rus.). DOI: 10.25198/2077-7175-2019-4-114
23. **D. Tokody, A. Albini, et al.**, Safety and security through the design of autonomous intelligent vehicle systems and intelligent infrastructure in the smart city. Interdisciplinary Description of Complex Systems, 2018, no. 16(3-A), pp. 384–396. DOI: 10.7906/indecs.16.3.11
24. **S. Checkoway, D. McCoy, et al.**, Comprehensive experimental analyses of automotive attack surfaces. Proceedings of the 20th USENIX conference on Security (SEC'11). 2011, 6.
25. **C. Miller, C. Valasek**, A survey of remote automotive attack surfaces. Black Hat, 2014. 94 p.
26. **Z. Szalay, T. Tettamanti, et al.**, Development of a test track for driverless cars: Vehicle design, track configuration, and liability considerations. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 2018, no. 46(1), pp. 29–35. DOI: 10.3311/PPtr.10753
27. **M. Montemerlo, J. Becker, et al.**, The Stanford entry in the urban challenge. Journal of Field Robotics, 2008, no. 7(9), pp. 468–492.
28. **R. Chen, M. Arief, et al.**, How to evaluate proving grounds for self-driving? A quantitative Approach. arXiv preprint, 2020, 1909.09079v5. URL: <https://arxiv.org/pdf/1909.09079.pdf> (accessed August 10, 2020)
29. **R. Chen, M. Arief, D. Zhao**, An “Xcity” optimization approach to designing proving grounds for connected and autonomous vehicles. arXiv preprint, 2018, 1808.03089v1. URL: <https://arxiv.org/pdf/1808.03089.pdf> (accessed August 10, 2020)
30. **Z. Szalay, A. Nyerges, et al.**, Technical specification methodology for an automotive proving ground dedicated to connected and automated vehicles. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 2017, no. 45(3), pp. 168–174. DOI: 10.3311/PPtr.10708
31. **W. Huang, K. Wang, et al.**, Autonomous vehicles testing methods review. IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 2016, pp. 163–198. DOI: 10.1109/ITSC.2016.7795548
32. **M. Joerger, C. Jones, V. Shuman**, Testing connected and automated vehicles (CAVs): Accelerating innovation, integration, deployment and sharing results. Meyer G., Beiker S. (Eds.). Road vehicles automation. 5th ed. Springer, 2019, pp. 197–206.
33. **A. Geiger, P. Lenz, R. Urtasun**, Are we ready for autonomous driving? The KITTI vision benchmark suite. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012, pp. 3354–3361. DOI: 10.1109/CVPR.2012.6248074
34. **W. Huang, D. Wen, et al.**, Task-specific performance evaluation of UGV's: Case studies at the IVFC. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2014, no. 15(5), pp. 1969–1979.

Статья поступила в редакцию 02.09.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

ПИСАРЕВА Ольга Михайловна
 E-mail: o.m.pisareva@gmail.com
PISAREVA Olga M.
 E-mail: o.m.pisareva@gmail.com

АЛЕКСЕЕВ Вячеслав Аркадьевич

E-mail: vaalexeev@gmail.com

ALEXEEV Vyacheslav A.

E-mail: vaalexeev@gmail.com

МЕДНИКОВ Дмитрий Николаевич

E-mail: dn_mednikov@guu.ru

MEDNIKOV Dmitry N.

E-mail: dn_mednikov@guu.ru

СТАРИКОВСКИЙ Андрей Викторович

E-mail: av_starikovskiy@guu.ru

STARIKOVSKY Andrey V.

E-mail: av_starikovskiy@guu.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13502
УДК 336.6

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ РИСКОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Слепцова Ю.А.¹, Качалов Р.М.¹, Шокин Я.В.²

¹ Центральный экономико-математический институт РАН,
Москва, Российская Федерация;

² Государственный университет «Дубна»,
Московская обл., Российская Федерация

При избытке и, в то же время, фрагментарности информации в современной экономике система управления уровнем риска предприятия и его социально-экономической экосистемы должна опираться на такие цифровые технологии, при использовании которых можно получить выигрыш во времени для оценки и анализа изменений в окружающей экономической среде. Цель настоящей статьи — сформулировать базовые подходы к созданию системы управления уровнем риска, в том числе процессов идентификации, оценки и минимизации уровня риска при подготовке управленческих решений, разработанных с помощью искусственных нейронных сетей. Используя методы операциональной теории управления уровнем риска, системной экономической теории и теории алгоритмов, в частности, искусственных нейронных сетей, и моделирования иммунного ответа, в данном исследовании показано, что система управления уровнем риска современного предприятия и его социально-экономической экосистемы будет опираться на принципы функционирования иммунной системы по аналогии с подобными системами в живых организмах. Процессы управления экономическим риском моделируются в рамках четырех основных трансграничных подсистем: интенциональной, экспектационной, когнитивной и функциональной. Выделены принципы, соблюдение которых необходимо для корректного использования искусственных нейронных сетей в подготовке управленческих решений и для накопления информации об уровне возможного риска. Показано, что для широкого применения аппарата искусственных нейронных сетей в системе управления предприятием необходимо достичь определенного уровня развития применяемых цифровых технологий. Показано, что для создания специализированной операционной системы управления уровнем риска индустриального интернета вещей (IoT) предприятия или цифровой многосторонней бизнес-платформы в целом может потребоваться отдельная цифровая экосистема. Представленное исследование может оказаться полезным для специалистов и руководителей предприятий при создании систем управления уровнем риска и систем поддержки принятия управленческих решений с использованием алгоритмов искусственных нейронных сетей. Ограничением применения полученных результатов является недостаточное развитие базового уровня информационных технологий на предприятии.

Ключевые слова: система управления уровнем риска, интенциональная, экспектационная, когнитивная и функциональная подсистемы, факторы риска, антирисковые управленческие воздействия, искусственные нейронные сети

Ссылка при цитировании: Слепцова Ю.А., Качалов Р.М., Шокин Я.В. Создание системы управления экономическим риском с использованием искусственных нейронных сетей // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 24–37. DOI: 10.18721/JE.13502

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

CREATION OF AN ECONOMIC RISK MANAGEMENT SYSTEM USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Yu.A. Sleptsova¹, R.M. Kachalov¹, Ya.V. Shokin²

¹ Central Economics and Mathematics Institute of the RAS,
Moscow, Russian Federation;

² Dubna State University,
Moscow region, Russian Federation

Due to the abundance and fragmentation of information in the digital economy, the risk management system of an enterprise and its socio-economic ecosystem should rely on such digital technologies, which can be used to gain time to assess and analyze changes in the economic environment. The purpose of this article is to formulate basic approaches to creating a risk level managerial system, including processes for identifying, evaluating and minimizing the risk level in management decision-making developed using artificial neural networks. Using the methods of operational risk management theory, system economic theory, algorithm theory, in particular, artificial neural networks, and immune response modeling, this study shows that the risk management system of a modern enterprise and its socio-economic ecosystem will be based on the principles of functioning of the immune system by analogy with similar systems in living organisms. We model economic risk management processes within four main interacting subsystems: intentional, expectational, cognitive, and functional. The principles that must be observed for the correct use of artificial neural networks in decision-making and for the accumulation of information about the level of possible risk are highlighted. For wide application of artificial neural networks in enterprises, it is necessary to reach a certain level in digital technologies. It is shown that to create a specialized operating system for managing the risk level of an industrial Internet of things (IoT), enterprise or a digital multi-party business platform as a whole may require a separate digital ecosystem. The presented research may be useful for specialists and managers of enterprises when creating risk management systems and management decision support systems using artificial neural network algorithms. The lack of development of the basic level of information technologies at an enterprise limits the application of the results obtained.

Keywords: risk level managerial system, intentional, expectational, cognitive and functional subsystems, risk factors, anti-risk impact actions, artificial neural networks

Citation: Yu.A. Sleptsova, R.M. Kachalov, Ya.V. Shokin, Creation of an economic risk management system using artificial neural networks, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 24–37. DOI: 10.18721/JE.13502

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

С появлением новых цифровых технологий отчасти происходит проникновение технического знания к рядовым пользователям — помимо прочего, с точки зрения организационной структуры. Это приводит к тому, что происходит переход от так называемого дисциплинарного общества к «обществу контроля» [1]. Каждый сотрудник предприятия или единица оборудования становятся источником генерирования разнообразных данных, что приводит к сочетанию двух как бы противоположных феноменов: с одной стороны, ощущения практически безграничных возможностей в цифровой среде, а с другой стороны, глобального контроля любого действия человека в сети со стороны заинтересованных лиц. Использование искусственных нейронных сетей (ИНС) подразумевает развитие таких алгоритмических методов прогнозирования, которые могли бы способствовать повышению качества принимаемых управленческих решений. Но надо заметить, что, в случае применения инструментария ИНС, получаемое техническое знание не может быть исключительно рациональным, поэтому вопрос о возможности следования этическим нормам при принятии решений с помощью ИНС может рассматриваться как предмет отдельной дискуссии [2].

В процессе подготовки управленческих решений могут быть идентифицированы следующие факторы риска стратегических решений, подготовленных при помощи искусственных нейронных сетей: увеличение неравенства между людьми, нарушение прав сотрудников или необоснованное расширение их обязанностей [3]. Другими словами, совершенствование социальных институтов в области взаимоотношения между людьми и создания нового знания могут не успевать за логикой эволюции цифровых технологий. В результате цифровые технологии развиваются в отсутствие необходимого знания об этих технологиях, позволяющего контролировать обоснованность сделанного алгоритмом выбора [4].

Технологический дизайн искусственной нейронной сети опирается на стохастическое знание, т.е. используемые в этих сетях алгоритмы работают со случайными процессами, например, с цепью Маркова. Они моделируют усредненное поведение экономических агентов по образцу, предложенному в обучающей выборке, и разрабатывают на основании этого прогнозы. В процессе настройки алгоритм ИНС не подбирает целевую функцию задачи, а формирует некоторое множество функций, которые реализуются этой совокупностью экономических агентов и генерируют некоторый набор значений, близкий к заданному обучающей выборкой. Поэтому важно, чтобы обучающая выборка формировалась для задачи, решаемой именно данной искусственной нейронной сетью [5].

Таким образом, если обучающую выборку формирует один специалист, то эта выборка может быть ограничена его опытом и знанием. Если же обучающая выборка генерируется автоматически с помощью специализированных алгоритмов, то она может содержать избыточную информацию, так называемый «шум», поэтому на практике лучше использовать опыт и знание нескольких экспертов или фильтры, представляющие собой специализированные программные комплексы первичной обработки данных, которые подавляют шумовые помехи.

Алгоритмы ИНС концептуально имитируют работу нейронных сетей в мозгу человека, по аналогии с этим можно рассмотреть иммунную систему живого организма и перенести принципы ее функционирования в систему управления уровнем риска в деятельности как отдельного предприятия, так и его предпринимательской экосистемы. Использование понятия «иммунитет» в гуманитарных науках не является чем-то принципиально новым. Например, оно используется в политическом и в юридическом смысловых полях, в дипломатии и юриспруденции, где под иммунитетом понимается изъятие из-под конкретной юрисдикции [6]. Понятие «иммунитет» в дальнейшем может иметь ключевое значение в становлении новой теории управления уровнем риска в цифровых социально-экономических экосистемах.

Постановка задачи

Непредвиденные события наступают неожиданно и могут допускать неоднозначную трактовку, т.е. могут быть рассмотрены, с одной стороны, как возможности для бизнеса предприятия, а, с другой стороны, как препятствие для достижения поставленных целей, так называемые «черные лебеди» [7]. Но времени на принятие позитивного управленческого решения может оказаться недостаточно, поэтому система управления уровнем риска в деятельности предприятия должна опираться на такие цифровые технологии, которые позволят получить выигрыш во времени для оценки и анализа сложившейся ситуации риска. Таким образом, проблема настоящего исследования состоит в том, насколько бизнес-процессы с использованием искусственных нейронных сетей в системе управления уровнем риска в деятельности предприятия могут быть настроены аналогично процессам в модели адаптивного иммунного ответа в живом организме [8].

Объектом настоящего исследования является управление уровнем риска на современном предприятии в условиях цифровизации внешней среды, предметом исследования — процессы управления уровнем риска.

Цель исследования — сформулировать основные подходы к созданию системы управления уровнем риска, в том числе процессов идентификации, оценки и минимизации уровня риска при подготовке управленческих решений, разработанных с помощью ИНС, для прогнозирования и анализа последствий их реализации для деятельности предприятия.

Методика исследования

Данная работа опирается на методы операциональной теории управления уровнем риска, системной экономической теории и теории алгоритмов, в частности, искусственных нейронных сетей, и методы моделирования иммунного ответа. Операциональная теория управления уровнем риска выделяет основные структурные составляющие процесса управления риском, использованные в данной работе, а именно, ситуацию риска, факторы риска, уровень риска, антирисковые управленческие воздействия [9,10].

На основании системной экономической теории в структуре системы управления предприятием выделяют четыре основные трансграничные подсистемы, каждая из которых соответствующим образом взаимодействует с предпринимательской экосистемой этого предприятия [11]:

- *интенциональная подсистема*, включающая в себя все процессы, связанные с формированием и анализом актуальности целей деятельности предприятия;
- *экспектационная подсистема*, формирующая ожидания относительно реакций внешней среды на те или иные действия или события, инициированные подразделениями предприятия;
- *когнитивная подсистема*, отвечающая за процессы формирования базы знаний о предприятии и его предпринимательской экосистеме;
- *функциональная подсистема*, отвечающая за действия, необходимые для выполнения системой своего целевого назначения.

Также эти четыре трансграничные подсистемы используются для организации системы управления данными, созданной для описания процедурных норм и правил, обеспечивающих надлежащее хранение и конфиденциальность данных, собираемых предприятием. Использование многослойных нейронных сетей позволяет включить создание функций в процесс обучения ИНС, тем самым резко увеличивая их производительность [12].

Взаимодействие этих подсистем реализует, соответственно, четыре стороны функционирования предприятия: плановую, прогнозную, информационную и операционную.

Главной особенностью моделей с использованием ИНС является построение системы рассуждений непосредственно на основе большого массива данных, без явных правил генерации результата процесса. Универсальность этих моделей делает их очень привлекательными для широкого спектра применений. Кроме того, исследователи ИНС с самого начала приняли открытый подход к сотрудничеству и распространению большого набора ресурсов: от программного обеспечения с открытым кодом до наборов данных, документации, свободно доступных каждому. Этот подход способствовал росту популярности алгоритмов ИНС в научных и инженерных сообществах и использованию преимуществ огромных объемов данных, собранных в цифровых системах. В то же время, со стороны пользователей возникли конкретные требования предоставлять понятные разъяснения при автоматизированном принятии решений без участия человека [13].

Методы обучения ИНС адаптированы для изучения новых видов представления данных, которые являются более компактными и более информативными и подходят для решения задач, связанных с классификацией, распознаванием, генерацией данных и т. д.

Обучение ИНС состоит из набора математических методов, объединяющих различные алгоритмические языки, теории статистического обучения и оптимизации. Цель такого объединения заключается в том, что информация для решения проблем извлекается из множества видов данных (изображений, записи датчиков, текстов и т. д.), что обычно происходит в условиях одной из трех типов парадигмальных сред [14]:

- в контролируемой среде каждый пример включает в себя метку, которая может быть категориальной или скалярной, причем для входного набора данных модель настроена на предсказание правильного обозначения или класса такой метки;

- в условиях неконтролируемой (или самоконтролируемой) среды маркировка не предусмотрена, модель ориентирована на изучение нового представления данных, группирующего примеры на основе их сходства;

- последняя группа методов обучения, так называемое обучение с подкреплением, при которых модель обучается выполнять сложную последовательность действий автономно в сложной среде.

Методы контролируемой среды при обучении ИНС являются преобладающими и, в основном, применяются для систем принятия решений. Например, в банках методы ИНС используются в маркетинговых целях. На основании операций, сделанных клиентами, извлекаются несколько предопределенных атрибутов: количество платежей в день, общая сумма расходов в день и т. д. На основе этих данных ИНС классифицируют клиентов в различные категории в зависимости от их поведенческой деятельности, эти категории затем используются для разработки индивидуальных маркетинговых стратегий. Фактором риска для клиента при применении таких стратегий может быть его «оппортунистическое» поведение, которое не позволит ему претендовать на выгодные условия сотрудничества с банком [15].

Модели ИНС по своей природе более сложны, чем классические системы принятия решений, так как они обладают нелинейной системой обратной связи между алгоритмом и набором данных, которые вместе составляют модель обучения, действующей как настоящая система рассуждений, выводящая прогнозы на основе входных данных в совокупности с прогнозами, сделанными на предыдущей итерации [16]. Эта модель затем встраивается в более традиционный программный комплекс, нередко в сочетании с другими частями кода или программного обеспечения, архитектура которого реализуется с использованием инструментов программирования, отличных от тех, которые использовались для разработки моделей ИНС. Если эти системы вводятся небрежно, то целостность всей архитектуры системы может оказаться под угрозой, так как результаты контроля безопасности теряют свою адекватность.

Особенностью моделей ИНС является их сервисный характер, что приводит к необходимости косвенного оценивания их эффективности через терминальный положительный эффект воздействия на предприятие, в интересах которого данная система была создана или адаптирована [17]. В качестве критерия оценки эффективности модели ИНС может быть использована возможность превышения достигнутого положительного эффекта минимального порогового значения, которое можно трактовать как вероятность успешного выполнения стоящей перед моделью ИНС задачи.

Методы построения моделей иммунного ответа, описывающие иерархически сложную иммунную систему, которые используются в биологии для выявления антигенов (генетически чужеродных агентов) и их уничтожения или для нейтрализации их патогенного действия, совместно с методами ИНС могут быть также применены для идентификации факторов риска, оценки уровня риска и разработки антирисковых управленческих воздействий в условиях цифрового взаимодействия в системе управления уровнем риска в деятельности предприятия и его предпринимательской экосистемы [8].

Результаты исследования

Проведенное исследование позволяет предложить новую структуру системы управления уровнем риска, основанную на приведенной выше структуре системы управления предприятием, которая включает в свой состав четыре трансграничные подсистемы: *интенциональную, экспектационную, когнитивную и функциональную*. Рассмотрим теперь каждую из этих подсистем в контексте системы управления уровнем риска.

А) *Интенциональная подсистема* системы управления уровнем риска предприятия охватывает намерения относительно будущей деятельности предприятия и включает в себя описание желаемых результатов в соответствии с целями предприятия. Описание целей помогает сократить время, необходимое для принятия последующих управленческих решений, например, увеличение объемов продаж или завоевание доли рынка (в количественных показателях). Если цели не сформулированы корректно и точно, то выработка антирискового управленческого решения может занять неограниченный период времени, поскольку каждый участник процесса принятия решения не будет проинформирован о том, какой результат необходимо достичь за определенный период деятельности. В связи с этим следует заметить, что на качество формирования целей предприятия (и косвенно на проявление факторов риска) значительное влияние оказывают мотивация руководителей предприятия, а также принятые на предприятии — в рамках сложившейся культуры управления риском — традиции определения стратегических целей и способы их реализации [18].

Б) В рамках *экспектационной подсистемы* использование моделей ИНС для прогнозирования может быть затруднено недостаточной интерпретируемостью применения аппарата ИНС. Следует обратить внимание на то, что для прогнозирования с помощью моделей ИНС существует два подхода.

При использовании первого подхода идентификация факторов риска осуществляется на каждом этапе обработки данных в процессе обучения ИНС. При этом этапы обработки данных при обучении ИНС на специальной выборке данных включают:

- описание функций, использующихся для получения результатов; логика модели может быть основана на правилах, полученных в результате сравнения значений признаков, на линейных или нелинейных операциях этих функций;
- описание вида данных, которые предполагается использовать в модели, включая границы пространства ввода; надо отметить, что наборы данных часто содержат смещения, которые могут оказать сильное влияние на результаты;
- описание способов принятия решения с использованием выходных значений в задачах классификации факторов риска.

Второй подход фокусируется на предоставлении объяснения прогноза, сделанного с помощью алгоритма ИНС на основе конкретных входных данных и выделения наиболее значимых параметров решения или путем формулирования специальных пояснений, которые будут показывать, на каких признаках следует сосредоточиться, чтобы изменить решение. Например, в случае кредитного скоринга поясняется, какие требования не были выполнены клиентом, чье заявление было отклонено [19].

В) К факторам риска *когнитивной подсистемы* системы управления уровнем риска можно отнести фактор риска смещения характеристик массива входных данных, обусловленных наличием ограниченного множества примеров в обучающей выборке данных, которое не отражает разнообразие и сложность ситуаций, т.е. обучающая выборка данных фактически не описывает реальное количество всех возможных вариантов. Это означает, что хороших результатов на очевидных примерах недостаточно для оценки способности модели ИНС правильно обрабатывать более неоднозначные ситуации [20].

В рамках когнитивной подсистемы выделены три принципа, соблюдение которых важно для корректного использования ИНС при подготовке управленческих решений и для накопления знаний об уровне возможного риска:

- *прозрачность моделей ИНС*, подразумевающая формирование подробной документации и цепочек обработки информации, включая описание данных, использованных в модели;
- *надежность моделей ИНС*, которая касается избегания сбоев или неисправностей, возникающих по причине либо форс-мажора, либо некорректности обучающей выборки;

- защита данных в моделях ИНС, подразумевающая безопасность и конфиденциальность данных, например, персональных данных.

Г) Управление уровнем риска и реализация антирисковых управленческих воздействий строится с помощью надлежащего организационного и технического контроля в рамках функциональной подсистемы системы управления уровнем риска. Функциональная подсистема включает оценку существенных изменений деятельности предприятий, мониторинг факторов риска. В эту же подсистему могут быть включены процедуры привлечения, развития и удержания квалифицированных сотрудников предприятия. Использование цифровых технологий, и, в частности, инструментов искусственных нейронных сетей позволит в рамках функциональной подсистемы системы управления уровнем риска перейти к проактивному управлению уровнем риска.

В отличие от традиционно используемого на практике реактивного управления, базирующегося на оперативном реагировании на негативные события и последующей компенсации негативных последствий, проактивное управление уровнем риска предполагает предотвращение возникновения инцидентов за счет создания в соответствующей системе управления уровнем риска принципиально новых упреждающих возможностей — например, параметрической адаптации моделей ИНС к прошлому, настоящему и будущему при формировании и реализации антирисковых управленческих воздействий на основе парирования не следствий, а причин, вызывающих ситуации риска и, соответственно, негативные события и их последствия на предприятии [21].

Схематически структура системы управления уровнем риска изображена на рис. 1.

В результате проведенного исследования также показано, что становление таких явлений, как индустриальный интернет вещей (Internet of Things, IoT), беспилотный транспорт, онлайн-банкинг, т.е. внедрение цифровых технологий в различных отраслях экономики обуславливает появление факторов риска некорректной реализации алгоритмов, в частности, ИНС, и может причинить не только экономический ущерб, но и инициировать угрозы жизни и здоровью людей — в первую очередь, работников предприятий, потребителей и т.п. Принципиальная схема архитектуры цифровой системы управления риском IoT или индустриального интернета вещей на производственном предприятии включает в себя датчики, сбор данных, коммуникации типа M2M — процессы обмена информацией между машинами и механизмами, и облачные хранилища [22].

На более ранних этапах развития информационных технологий при автоматизации производственных и бизнес-процессов на предприятиях компьютерная безопасность была частью системы управления уровнем риска. Если рассматривать предприятия различных отраслей экономики, например, крупный банк или большое производственное предприятие, то наборы факторов риска, связанных с компьютерной безопасностью, у таких компаний были разные, хотя



Рис. 1. Структура системы управления уровнем риска.

Fig. 1. Structure of the risk level management system

количество сотрудников и подразделений могло совпадать, так как по-разному были устроены информационные потоки и информационные системы [23]. Ключи доступа к информационной системе могли храниться на дискете или на USB-устройстве, а информация накапливалась на носителях, которые, как правило, были локализованы на территории предприятия. Комплекс антирисковых мероприятий разрабатывался индивидуально для каждого предприятия, вследствие чего и перечни, и стоимость таких мер были различными для каждого предприятия.

При переходе на новые цифровые технологии хранение персональных, промышленных и корпоративных данных переносится в специализированные облачные хранилища или дата-центры. Традиционные концепции управления уровнем риска, связанные с компьютерной безопасностью, при переходе на технологии IoT могут оказаться недееспособными или неэффективными [24]. На предприятиях, объединенных на базе многосторонних платформ в предпринимательские экосистемы, выпускающих продукцию или услуги в цифровом формате и при этом использующих технологию IoT, также появляется новая концепция управления уровнем риска — концепция иммунитета.

Иммунная система, которая обеспечивает иммунитет, в данном случае, понимается как множественная гетерогенная конструкция в предпринимательской экосистеме, состоящая из компонентов, принадлежащих различным онтологическим порядкам [25]. Работа иммунной системы заключается в подготовке иммунного ответа до какого-либо внешнего воздействия. Собственно, иммунная система или система управления уровнем риска цифровой экосистемы обычно содержат компоненты, участвующие в иммунном ответе, возможно, с избытком [6]. В экономических терминах иммунитет цифровой предпринимательской экосистемы можно признать высоким в том случае, если затраты на выполнение успешной атаки извне на такую систему окажется выше потенциального ущерба, нанесенного цифровой предпринимательской экосистеме.

Принцип действия цифровых предпринимательских экосистем, или многосторонних платформ, обычно состоит в предоставлении одним предприятием, владельцем платформы, доступа заинтересованным партнерам к своим контрагентам с предложениями цифровых продуктов или услуг, которые дополняют предложения самого базового предприятия. Партнеры могут также рассматриваться как контрагенты предприятия, поскольку приносят доход, оплачивая дополнительные услуги, связанные с использованием платформы. Другими словами, предприятия, которые с помощью различных продуктов, услуг, сетей или их комбинаций исполняют роль посредников и объединяют контрагентов в группы, называются многосторонними платформами [26]. Таким образом, базовые предприятия создают платформу, другие предприятия могут создавать различные специализированные приложения, расширяя возможности платформы, добавляя свои данные и новые функции, тем самым повышая ее привлекательность для новых участников. Одной из основных стратегических задач многосторонней платформы является привлечение как можно большего количества пользователей, потому что только в таком случае уменьшение транзакционных издержек, которые распределяются между всеми пользователями платформы, становится привлекательным для всех сторон.

При разработке стратегии развития системы управления уровнем риска предприятий-участников многосторонних платформ на разных уровнях необходимо рассматривать несколько классов задач. Для самих многосторонних платформ — это достижение оптимального уровня риска процессов ценообразования, маркетинговых мероприятий и управление качеством. Для потенциальных пользователей многосторонних платформ — это, с одной стороны, оценка риска дополнительных издержек, а, с другой, учет сетевых эффектов интенциональной и экспектационной подсистем системы управления уровнем риска, возникающих между пользователями платформы. Фактически происходит минимизация степени влияния факторов риска роста продолжительности и затрат на исследование рынков, на поиск поставщиков и покупателей и т.п.

В функциональной подсистеме в рамках многосторонней цифровой платформы многие программные комплексы или приложения будут работать изолированно, и так будет осуществляться некоторая фрагментация и разделение сценариев работы устройств — для диссипации факторов риска сбоя вследствие внешней, так называемой хакерской атаки.

В таком случае снизить возможные негативные последствия потенциальных компьютерных атак можно, используя превентивные антирисковые управленческие воздействия — например, защищенные контроллеры для передачи данных, специализированные операционные системы и защищенные облачные хранилища. Усиленные меры безопасности как на предприятии, так и в рамках его предпринимательской экосистемы должны быть направлены на объекты критической инфраструктуры: системы электро- и водоснабжения, связь, газопроводы, — так как именно эти объекты в последнее время снабжают удаленными системами управления.

Специализированная операционная система управления уровнем риска для комплекса IoT, действующего в рамках предприятия или его предпринимательской экосистемы, может иметь упрощенную, и, вследствие этого, менее уязвимую структуру. Однако, создание специализированной операционной системы для индустриального интернета вещей может потребовать разработки отдельной цифровой экосистемы, аналогичной, например, цифровой экосистеме ПАО «Сбербанк» [27].

Общим трендом в условиях развивающейся цифровой экономики можно назвать формирование сложных цифровых многосторонних платформ, которые объединяют множество предприятий и экономических агентов, позволяя им получить доступ к ресурсам, потребителям или маркетинговым каналам. На практике это может означать, что предприятия вынуждены строить информационные системы таким образом, чтобы постепенно интегрироваться или синхронизироваться с процессами своих покупателей и поставщиков для формирования общих баз данных, что позволит намного точнее строить прогнозы и стратегии разного уровня с помощью технологий искусственных нейронных сетей. Степень свободы выбора решения каждого предприятия и экономического агента находится в обратном отношении к вероятности получения приемлемой для цифровой платформы в целом стратегии [28].

Вариант повышения такой вероятности заключается в создании специализированных правил или институтов в рамках цифровой платформы как некоторого своеобразного инструмента ограничения в ситуации выбора. Новые способы коллективного взаимодействия при координации усилий по созданию обучающих выборок для искусственных нейронных сетей могут предложить социальные сети нового типа. Если рассмотреть, например, сеть Facebook, то ее модель социальных отношений строится на основе протокола Open Graph, который позволяет любой веб-странице стать полноценным объектом в сети. Другой пример содержится в социометрии Морено, описывающей сообщество как собрание изолированных индивидов или атомов. Социометрия при этом предлагает такие способы измерения межличностных отношений, которые помогают обнаружить реальную структуру группы, в отличие от формальной ее структуры [29]. Но индивид или отдельный сотрудник могут рассматриваться как часть коллектива. Поэтому в настоящее время предпринимаются попытки, например, Б. Стиглером [30], разработать иную модель социальной сети, которая смогла бы отразить другую структуру социальных отношений.

Основной единицей в этой новой модели социальной сети выступает не индивидуальный пользователь, а группа или временный трудовой коллектив. Пользователь получает возможность использовать все функции такой сети только при вступлении в группу, которая, в отличие от группы в Facebook, объединена в некоторое сообщество с такими инструментами, которые допускают коллективное написание текстов и наборы специализированных меток. Такая сеть может использоваться для производства нового знания в когнитивной подсистеме системы управления уровнем риска и работы с ним — например, в случае создания обучающих выборок для ИНС в экспертных группах представителей различных предприятий или научных ор-



ганизаций. Алгоритмы ИНС могут сами стать источниками факторов риска в ситуациях, когда не приняты надлежащие меры безопасности для мониторинга их деятельности, независимо от специфики модели [31].

Ограниченность применения полученных результатов

Для широкого применения аппарата ИНС на производственных предприятиях им необходимо достичь базового уровня в цифровых технологиях, т.е. создать современную систему управления производственными и бизнес-процессами, автоматизировать управление ресурсами, как трудовыми, так и материальными, внедрить специализированные информационные решения для взаимоотношений с поставщиками и покупателями, реализовать систему бюджетирования, управления производством и качеством и создать системы управленческой отчетности.

Одна цифровая технология, в том числе исследуемые в этой работе искусственные нейронные сети, не может рассматриваться в качестве универсального инструмента при решении задач управления уровнем риска на различных предприятиях. В отличие от автоматизации, которую можно рассматривать как предыдущий этап развития информационных технологий, в рамках цифровой экономики еще не выработаны единые стратегии построения системы управления уровнем риска. Каждое предприятие на микроуровне, или отрасль на мезоуровне, будут искать свое направление устойчивого развития системы управления уровнем риска, адаптируя свои бизнес-модели к меняющейся среде. Поэтому рекомендации об установке датчиков на все агрегаты и счетчики всех видов ресурсов нельзя признать состоятельными с точки зрения экономики предприятия.

Коротко результаты данного исследования можно сформулировать следующим образом:

- 1) предложена структура системы управления уровнем риска, которая включает в свой состав четыре подсистемы (интенциональную, экспектационную, когнитивную и функциональную);
- 2) показано, что внедрение цифровых технологий в различных отраслях экономики обуславливает появление факторов риска некорректной реализации алгоритмов, в частности, ИНС, и может причинить не только экономический ущерб, но и инициировать угрозы жизни и здоровью людей;
- 3) отмечено, что с развитием цифровизации, появляется новая концепция управления уровнем риска — концепция иммунитета;
- 4) рассмотрены новые способы практической реализации коллективных действий экономических агентов, как предприятий, так и физических лиц в современных условиях.

Заключение

В итоге хотелось бы отметить, что при накоплении огромных массивов данных, как персональных, так и индустриальных, корпоративных, государственных и т.п. в цифровой предпринимательской экосистеме назревает необходимость дополнения стратегии развития предприятия созданием специальной иммунной подсистемы, которая будет подключаться в случае возникновения существенных помех работе информационных систем как на отдельном предприятии, так и в пределах всей его цифровой экосистемы. В данном случае функциональный контекст иммунной системы может помочь объяснить функции противоречия в социальных системах [32].

Как показало проведенное исследование, технологический дизайн и цифровые технологии будут способствовать снижению вероятности реализации негативных последствий предлагаемых управленческих решений как для отдельного предприятия, так и для его предпринимательской экосистемы.

Анализ сложившейся ситуации свидетельствует о том, что при увеличении общего количества информации остается неочевидной возможность преодоления проблемы получения необходимой и релевантной для принятия решений информации. Кроме того, при возрастании скорости

изменений и степени неопределенности внешней среды, в которой осуществляется деятельность предприятия и его предпринимательской экосистемы, могут получить существенное преимущество только те из них, которые в силах синхронизировать темп внешних изменений с темпом адаптации к ним. В случае слишком высокой скорости внешних изменений и низком темпе приспособления к ним, могут наступить неблагоприятные последствия для предприятия в виде дестабилизации его деятельности, поэтому есть основания предполагать, что использование ИНС в системе управления уровнем риска будет способствовать преодолению фрагментарности данных, имеющихся в распоряжении предприятия, и в том числе благодаря этому ускорит процессы принятия решений.

Таким образом, реализация антирисковых управленческих решений в условиях развития многосторонних платформ и применения технологий ИНС открывает широкие перспективы для использования технологических преимуществ анализа и обработки больших массивов информации для снижения затрат на подбор поставщиков и маркетинговые исследования, а также позволяет в целом уменьшить риск неблагоприятного развития событий.

Представленное исследование может оказаться полезным для исследователей предприятий в задачах моделирования процессов принятия решений и построения систем управления уровнем риска с использованием принципов и технологий искусственных нейронных сетей.

Благодарности

Финансовая поддержка РФФИ (проект 18-010-01042 "Экономическая рациональность менеджеров современных предприятий при принятии решений: исследование с применением инструментария операциональной теории риска и нейросетевого компьютерного моделирования").

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Делез Ж. Переговоры. 1972–1990. СПб.: Наука. 2004. 235 с.
2. Карпов В.Э., Готовцев П.М., Ройзензон Г.В. К вопросу об этике и системах искусственного интеллекта // *Философия и общество*. 2018. № 2. С. 84–105. DOI: 10.30884/jfio/2018.02.07
3. Малышкин А.В. Интегрирование искусственного интеллекта в общественную жизнь: некоторые этические и правовые проблемы // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Право*. 2019. № 10–3. С. 444–460. DOI: 10.21638/spbu14.2019.303
4. Ложкин А.Г., Божек П., Майоров К.Н. Исследование внутренних связей нейронной сети // *Информационные технологии в науке, промышленности и образовании*. Сб. трудов Всероссийской научно-технической конференции / Отв. ред. К.Ю. Петухов. Ижевск, ИжГТУ, 2019. С. 48–52.
5. Червяков Н.И., Ляхов П.А. и др. Архитектура сверхточной нейронной сети с вычислениями в системе остаточных классов с модулями специального вида // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2017. № 1. С. 3–15.
6. Сивков Д. Свое или чужое? Создание тела в иммунологии // *Логос*. 2018. № 28–5. С. 249–286.
7. Талей Н.Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. М.: Колибри, 2009. 528 с.
8. Кузнецов С.Р. Математическая модель иммунного ответа // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления*. 2015. № 4. С. 72–87.
9. Качалов Р.М. Управление экономическим риском: теоретические основы и приложения. СПб.: Нестор-История. 2012. 288 с.
10. Качалов Р.М., Слепцова Ю.А., Шокин Я.В. Оценка риска реализации инновационных проектов предприятий с помощью искусственных нейронных сетей // *Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика*. 2019. № 21–4. С. 171–181. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2019.4.17
11. Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А., Ушаков Д.В. Психологические факторы экономического поведения: системный взгляд // *Terra Economicus*. 2018. № 16–1. С. 20–36. DOI: 10.23683/2073-6606-2018-16-1-20-36
12. Горбачевская Е.Н. Классификация нейронных сетей // *Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева*. 2012. № 2(19). С. 128–134.

13. **Kaminski M.E.** The right to explanation, explained. *Berkeley Technology Law Journal*. 2019, no. 34, pp. 189–218. DOI: 10.15779/Z38TD9N83H
14. **Shalev-Shwartz S., Ben-David S.** *Understanding machine learning: From theory to algorithms*. Cambridge University Press, 2014. 397 p. DOI: 10.1017/CBO9781107298019
15. **Hamon R., Junklewitz H., Sanchez I.** *Robustness and explainability of artificial intelligence - From technical to policy solutions*. Luxembourg, Publications Office of the EU, 2020. DOI: 10.2760/57493
16. **Brundage M., Avin S., et al.** *The malicious use of artificial intelligence: Forecasting, prevention, and mitigation*. Technical Reports. Future of Humanity Institute, 2018. 101 p.
17. **Юсупов Р.М., Мусаев А.А.** Особенности оценивания эффективности информационных систем и технологий // *Труды СПИИРАН*. 2017. № 2(51). С. 5–34.
18. **Baum J.R., Locke E.A., Smith K.G.** A multidimensional model of venture growth. *Academy of Management Journal*, 2001, no. 44–2, pp. 292–303. DOI:10.5465/3069456
19. **Wachter S., Mittelstadt B., Russell C.** Counterfactual explanations without opening the black box: Automated decisions and the GDPR. *Harvard Journal of Law & Technology*, 2018, no. 31–2.
20. **Park S.H., Han K.** Methodologic guide for evaluating clinical performance and effect of artificial intelligence technology for medical diagnosis and prediction. *Radiology*, 2018, no. 286–3, pp. 800–809.
21. **Скатков А.В., Воронин Д.Ю. и др.** Проактивный и реактивный риск-менеджмент IT-сервисов облачных сред // *Информационно-управляющие системы*. 2017. № 3(88). С. 25–33. DOI: 10.15217/issn1684-8853.2017.3.25
22. **Куприяновский В.П., Намиот Д.Е. и др.** Интернет Вещей на промышленных предприятиях // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. № 4(12). С. 69–78.
23. **Слепцова Ю.А.** Методы выбора антирисковых управленческих воздействий // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2015. № 6. С. 222–232. DOI: 10.5862/JE.233.23
24. **Петров В.Ю., Рудашевская Е.А.** Технология «Интернет Вещей» как перспективная современная технология // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 9–2. С. 471–476.
25. **Martin E.** Toward an anthropology of immunology: The body as nation state. *Medical Anthropology Quarterly*, 1990, no. 4–4, pp. 410–426.
26. **Яблонский С.А.** Многосторонние платформы и рынки: основные подходы, концепции и практики // *Российский журнал менеджмента*. 2013. № 11–4. С. 57–78.
27. **Бердышев А.В.** Открытая платформа как технологическая основа развития ПАО «Сбербанк» // *Вестник университета*. 2018. № 11. С. 154–158. DOI: 10.26425/1816-4277-2018-11-154-158
28. **Шаститко А.Е., Курдин А.А.** В ожидании непредвиденного // *Вопросы теоретической экономики*. 2020. № 2. С. 36–50. DOI: 10.24411/2587-7666-2020-10202
29. **Морено Я.Л.** *Социометрия: Экспериментальный метод и наука об обществе*. М.: Академический проект, 2001. 383 с.
30. **Stiegler B.** *Etats de choc: Bêtise et savoir au XXIe siècle*. Paris, Fayard, 2012. 360 p.
31. **Russell S.J., Dewey D., Tegmark M.** Research priorities for robust and beneficial artificial intelligence. *Artificial Intelligence Magazine*, 2015, no. 36–4, pp. 105–114. DOI: 10.1609/aimag.v36i4.2577
32. **Луман Н.** *Социальные системы: Очерк общей теории*. СПб.: Наука, 2007. 484 с.

REFERENCES

1. **Zh. Delez,** *Peregovory. 1972–1990 [Conversation. 1972–1990]*. St. Petersburg, Nauka, 2004. 235 pp. (rus)
2. **V.E. Karpov, P.M. Gotovtsev, G.V. Royzenzon,** K voprosu ob etike i sistemakh iskusstvennogo intellekta [On ethics and artificial intelligence systems]. *Filosofiya i obshchestvo*, 2018, no. 2, pp. 84–105. (rus). DOI: 10.30884/jfio/2018.02.07
3. **A.V. Malyshkin,** Integration of artificial intelligence into public life: some ethical and legal problems. *Vestnik of Saint Petersburg University. Law*, no. 10–3, pp. 444–460. (rus). DOI: 10.21638/spbu14.2019.303
4. **A.G. Lozhkin, P. Bozhok, K.N. Mayorov,** Issledovaniye vnutrennikh svyazey neyronnoy setseti [Investigation of the internal connections of a neural network]. *Petukhov K.Yu. (Ed.). Informatsionnyye tekhnologii v nauke, promyshlennosti i obrazovanii [Information technology in science, industry and education]*. Proceedings of the All-Russian scientific and technical conference. Izhevsk, IzhGTU, 2019, pp. 48–52. (rus)

5. **N.I. Chervyakov, P.A. Lyakhov, et al.**, Arkhitektura svertochnoy neyronnoy seti s vychisleniyami v sisteme ostatochnykh klassov s modulyami spetsialnogo vida [Hardware implementation of a convolutional neural network using calculations in the residue number system]. *Neyrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye*, 2017, no. 1, pp. 3–15. (rus)
6. **D. Sivkov**, Svoye ili chuzhoye? Sozdaniye tela v immunologii. [Yours or someone else's? Building a body in immunology]. *Logos*, 2018, no. 28–5, pp. 249–286. (rus)
7. **N.N. Taleb**, Chernyy lebed. Pod znakom nepredskazuyemosti [The Black Swan: The Impact of the highly improbable]. Moscow, Kolibri, 2009. 528 p. (rus)
8. **S.R. Kuznetsov**, Matematicheskaya model immunnogo otveta [Mathematical model of the immune response]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika, informatika, processy upravleniya*, 2015, no. 4, pp. 72–87. (rus)
9. **R.M. Kachalov**, Upravleniye ekonomicheskim riskom: teoreticheskiye osnovy i prilozheniya [Economic risk management: Theory and applications]. St. Petersburg, Nestor-Istoriya, 2012. 288 p. (rus)
10. **R.M. Kachalov, Yu.A. Sleptsova, Ya.V. Shokin**, Risk assessment of implementing innovative projects in enterprises using artificial neural networks. *Journal of Volgograd State University. Economics*, 2019, no. 21–4, pp. 171–181. (rus). DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2019.4.17
11. **G.B. Kleiner, M.A. Rybachuk, D.V. Ushakov**, Psychological factors of economic behavior: a systemic view. *Terra Economicus*, 2018, no. 16–1, pp. 20–36. DOI: 10.23683/2073-6606-2018-16-1-20-36
12. **E.N. Gorbachevskaya**, Klassifikatsiya neyronnykh setey [Classification of neural networks]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva*, 2012, no. 2(19), pp. 128–134. (rus)
13. **M.E. Kaminski**, The right to explanation, explained. *Berkeley Technology Law Journal*. 2019, no. 34, pp. 189–218. DOI: 10.15779/Z38TD9N83H
14. **S. Shalev-Shwartz, S. Ben-David**, Understanding machine learning: From theory to algorithms. Cambridge University Press, 2014. 397 p. DOI: 10.1017/CBO9781107298019
15. **R. Hamon, H. Junklewitz, I. Sanchez**, Robustness and explainability of artificial intelligence – From technical to policy solutions. Luxembourg, Publications Office of the EU, 2020. DOI: 10.2760/57493
16. **M. Brundage, S. Avin, et al.**, The malicious use of artificial intelligence: Forecasting, prevention, and mitigation. Technical Reports. Future of Humanity Institute, 2018. 101 p.
17. **R.M. Yusupov, A.A. Musaev**, Osobennosti otsenivaniya effektivnosti informatsionnykh sistem i tekhnologii [Features of evaluating the effectiveness of information systems and technologies]. *Trudy SPIIRAN*, 2017, no. 2(51), pp. 5–34. (rus)
18. **J.R. Baum, E.A. Locke, K.G. Smith**, A multidimensional model of venture growth. *Academy of Management Journal*, 2001, no. 44–2, pp. 292–303. DOI:10.5465/3069456
19. **S. Wachter, B. Mittelstadt, C. Russell**, Counterfactual explanations without opening the black box: Automated decisions and the GPDR. *Harvard Journal of Law & Technology*, 2018, no. 31–2.
20. **S.H. Park, K. Han**, Methodologic guide for evaluating clinical performance and effect of artificial intelligence technology for medical diagnosis and prediction. *Radiology*, 2018, no. 286–3, pp. 800–809.
21. **A.V. Skatkov, D.Yu. Voronin, et al.**, Proaktivnyy i reaktivnyy risk-menedzhment IT-servisov oblachnykh sred [Proactive and reactive risk management of IT services in cloud environments]. *Informatsionno-upravlyayushchiye sistemy*, 2017, no. 3(88), pp. 25–33. (rus). DOI: 10.15217/issn1684-8853.2017.3.25
22. **V.P. Kupriyanovskiy, D.E. Namiot, et al.**, Internet Veshchey na promyshlennykh predpriyatiyakh. [Internet of things in industrial plants]. *International Journal of Open Information Technologies*, 2016, no. 4(12), pp. 69–78. (rus)
23. **Iu.A. Sleptsova**, Methods of selecting antirisk controlling actions. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2015, no. 6, pp. 222–232. (rus). DOI: 10.5862/JE.233.23
24. **V.Yu. Petrov, E.A. Rudashevskaya**, Tekhnologiya "Internet Veshchey" kak perspektivnaya sovremennaya tekhnologiya [The technology of "internet of things" as a perspective for modern information technology]. *Fundamentalnyye issledovaniya*, 2017, no. 9–2, pp. 471–476. (rus)
25. **E. Martin**, Toward an anthropology of immunology: The body as nation state. *Medical Anthropology Quarterly*, 1990, no. 4–4, pp. 410–426.
26. **S.A. Yablonskiy**, Mnogostoronniye platformy i rynki: osnovnyye podkhody, kontseptsii i praktiki [Multisided platforms and markets: Basic approaches, concepts and practices]. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta*, 2013, no. 11–4, pp. 57–78. (rus)
27. **A. Berdyshev**, Open platform as a technological basis for the development of Sberbank. *Vestnik Universiteta*, 2018, no. 11, pp. 154–158. (rus). DOI: 10.26425/1816-4277-2018-11-154-158

28. **A.E. Shastitko, A.A. Kurdin**, V ozhidanii nepredvidennogo [Expecting unpredictable]. *Voprosy teoreticheskoy ekonomiki*, 2020, no. 2, pp. 36–50. DOI: 10.24411/2587-7666-2020-10202
29. **Ya.L. Moreno**, *Sotsiometriya: Eksperimentalnyy metod i nauka ob obshchestve* [Sociometry: Experimental method and the science of society]. Moscow, Akademicheskii proyekt, 2001. 383 p. (rus)
30. **B. Stiegler**, *Etats de choc: Bêtise et savoir au XXIe siècle*. Paris, Fayard, 2012. 360 p.
31. **S.J. Russell, D. Dewey, M. Tegmark**, Research priorities for robust and beneficial artificial intelligence. *Artificial intelligence Magazine*, 2015, no. 36–4, pp. 105–114. DOI: 10.1609/aimag.v36i4.2577
32. **N. Luman**, *Sotsialnyye sistemy: Ocherk obshchey teorii* [Social systems: An outline of general theory]. St. Petersburg, Nauka, 2007. 484 p. (rus)

Статья поступила в редакцию 28.08.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

СЛЕПЦОВА Юлия Анатольевна

E-mail: julia_sleptsova@mail.ru

SLEPTSOVA Yulia A.

E-mail: julia_sleptsova@mail.ru

КАЧАЛОВ Роман Михайлович

E-mail: kachalov1ya@ya.ru

KACHALOV Roman M.

E-mail: kachalov1ya@ya.ru

ШОКИН Ян Вячеславович

E-mail: yshokin@mail.ru

SHOKIN Yan V.

E-mail: yshokin@mail.ru

DOI: 10.18721/JE.13503

УДК 338.24 (330.47)

ДРАЙВЕРЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕСА: ПОНЯТИЕ, ВИДЫ, КЛЮЧЕВЫЕ СТЕЙКХОЛДЕРЫ

Зайченко И.М., Козлов А.В., Шитова Е.С.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Целью статьи явилось исследование ключевых драйверов цифровой трансформации бизнеса в современных условиях, сформировавшихся в национальной экономике, определение и типологизация драйверов при формировании стратегии цифровой трансформации бизнеса, установление степени заинтересованности и активности стейкхолдеров в формировании и использовании драйверов цифровой трансформации бизнеса. В условиях развития цифровой экономики вопрос цифровой трансформации бизнеса становится наиболее актуальным. Драйверы цифровой трансформации — важная, но малоизученная тема, требующая особого внимания. В статье сформулированы цели цифровой трансформации бизнеса и на этой основе составлен перечень драйверов цифровой трансформации бизнеса как движущих сил, способствующих, а зачастую вынуждающих компанию осуществлять цифровую трансформацию. Выделение важнейших и определяющих драйверов цифровой трансформации бизнеса произведено на основе исследования корпуса источников в Национальной электронной библиотеке (eLibRARY). Ключевые стейкхолдеры процессов цифровой трансформации бизнеса были определены на основе модели конкурентных преимуществ национальной экономики М. Портера («модель ромба», англ. diamond model), отличающейся возможностью выделить стейкхолдеров на макро-, мезо-, и микроуровнях. Основываясь на этой модели, были выделены ключевые стейкхолдеры цифровой трансформации бизнеса как основные заинтересованные стороны проведения цифровой трансформации: предприятия, их стратегия, структура и конкуренция; предприятия из смежных и поддерживающих отраслей; рынок, формирующий спрос; отрасль, формирующая предложение; правительство. Для выделенных стейкхолдеров построена матрица, отражающая степень их заинтересованности и активности в процессе формирования и использования драйверов цифровой трансформации бизнеса. На основе полученной матрицы сформулированы предложения по формированию условий для цифровой трансформации бизнеса. Сделано заключение, что, в зависимости от стимулов и мотивов, компания может иметь различные наборы актуальных для нее драйверов или движущих сил осуществления цифровой трансформации бизнеса. Кроме того, было установлено, что для проведения цифровой трансформации с учетом интересов всех заинтересованных сторон необходимо разрабатывать стратегию цифровой трансформации. Авторы определили ограничения выполненного исследования и направления и пути дальнейшей работы.

Ключевые слова: цифровая трансформация, драйверы цифровой трансформации, цифровизация, стейкхолдеры цифровой трансформации

Ссылка при цитировании: Зайченко И.М., Козлов А.В., Шитова Е.С. Драйверы цифровой трансформации бизнеса: Понятие, виды, ключевые стейкхолдеры // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 38–49. DOI: 10.18721/JE.13503

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

DRIVERS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF A BUSINESS: MEANING, CLASSIFICATION, KEY STAKEHOLDERS

I.M. Zaychenko, A.V. Kozlov, Y.S. Shytova

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

The purpose of the article is to study the key drivers of digital business transformation in modern conditions that have formed in the national economy, identify and classify drivers in the formation of a digital business transformation strategy, and establish the degree of interest and activity of stakeholders in the formation and use of drivers of digital business transformation. In the context of the development of the digital economy, the issue of digital business transformation is becoming most urgent. Drivers of digital transformation are an important but not so well studied topic that requires special attention. The article describes the goals of digital business transformation and on this basis identifies a list of drivers of digital business transformation as driving forces that contribute to, and often force, the company to implement digital transformation. The identification of the most important and defining drivers of digital business transformation is made on the basis of a study of the corpus of sources in the national electronic resource eLibrary. The authors identified the key stakeholders in the digital business transformation processes based on the diamond model of M. Porter defining competitive advantages of the national economy. This model characterizes stakeholders at the macro, meso, and micro levels. Based on the model, the authors defined the key stakeholders of the digital business transformation as the main parties involved in the digital business transformation: enterprises, their strategies, structure and competition; related and supporting industries; the market providing demand; the industry providing supply; government. For the selected stakeholders, a matrix is constructed that reflects the degree of their interest and activity in the formation and use of drivers of digital business transformation. The article formulates proposals for creating conditions for digital business transformation based on the obtained matrix. The authors concluded that depending on the incentives and causes, a company can have various sets of drivers or driving forces of digital business transformation. In addition, it was established that digital business transformation requires a developed strategy to take the interests of all the parties involved into account. The authors identified the limitations of the research and the directions and ways of further work.

Keywords: digital transformation, digital transformation drivers, digitalization, digital transformation stakeholders

Citation: I.M. Zaychenko, A.V. Kozlov, Y.S. Shytova, Drivers of digital transformation of a business: Meaning, classification, key stakeholders, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 38–49. DOI: 10.18721/JE.13503

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

Цифровая трансформация бизнеса — новое требование к современным компаниям, желающим оставаться конкурентоспособными на рынке в стратегической перспективе. Однако успех процесса цифровизации зависит от значительного числа факторов и условий, формируемых как внутри организации, так и во внешнем деловом окружении. Если анализировать опыт целенаправленного формирования условий для цифровой трансформации во внешнем деловом окружении бизнеса, то в мировой практике есть примеры целевых программ развития цифровой экономики, например, Индустрия 4.0 в Германии¹. В США существуют созданные по инициативе бизнеса межотраслевые программы поддержки важнейших направлений цифровизации, например, "The Federal Risk and Authorization Management Program (FedRAMP)", направленная на развитие деятельности, связанной с облачными сервисами и расширяющая возможности бизнеса в этой

¹ Schwab K. The fourth industrial revolution. What it means and how to respond? Foreign Affairs, December 12, 2015. URL: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> (дата обращения: 28.08.2020)

сфере². В России разработана Федеральная Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная Правительством Российской Федерации (распоряжение от 28 июля 2017 г. № 1632-р, включающая разделы, в том числе посвященные развитию цифровой инфраструктуры, как для использования государственными структурами, так и бизнесом³. Однако создания условий во внешней среде недостаточно для побуждения бизнеса к цифровой трансформации. Необходимы внутренние мотивы к использованию благоприятных возможностей, предлагаемых деловым окружением бизнеса. Поэтому встает задача идентификации факторов, способствующих и содействующих цифровой трансформации, которые можно вслед за Х. Тьерски⁴ назвать драйверами цифровой трансформации бизнеса. Исходя из этого, задача исследования феномена драйверов цифровой трансформации бизнеса, их типологии и природы их формирования, взаимодействия и использования всеми заинтересованными сторонами этого процесса является актуальной.

Целью настоящей статьи является исследование ключевых драйверов цифровой трансформации бизнеса в современных условиях, сформировавшихся в национальной экономике, определение и типологизация драйверов при формировании стратегии цифровой трансформации бизнеса, установление степени заинтересованности и активности стейкхолдеров в формировании и использовании драйверов цифровой трансформации бизнеса.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач.

1. Выявление и обоснование драйверов, формирующих мотивы и стимулы цифровой трансформации бизнеса, и их типологизация.
2. Выделение и исследование специфики стейкхолдеров цифровой трансформации национальной экономики на основе модели национального ромба М. Портера, выделяющей взаимосвязанные расширенные факторы формирования конкурентных преимуществ.
3. Выделение мотивов и стимулов для стейкхолдеров в процессе цифровой трансформации.
4. Построение матрицы, отражающей степень заинтересованности и активности стейкхолдеров в формировании и использовании драйверов цифровой трансформации бизнеса.
5. Разработка предложений по формированию условий для цифровой трансформации бизнеса на основе построенной матрицы влияния стейкхолдеров на процесс формирования и использования драйверов цифровой трансформации бизнеса.

Анализ литературы

Прежде чем приступить к определению драйверов цифровой трансформации, необходимо установить взаимосвязи между схожими, на первый взгляд, понятиями: «цифровизация» и «цифровая трансформация». Так, в работе Н.В. Василенко представлено следующее определение цифровизации — это «проникновение в различные сферы хозяйственно-экономической деятельности информационно-компьютерных технологий» [1]. Несколько иной подход к определению отражен в [2], в которой цифровизация трактуется как «процесс внедрения цифровых технологий генерации, обработки, передачи, хранения и визуализации данных в различные сферы человеческой деятельности, а не только в экономику». Однако автор другой работы [3] считает, что цифровизация — это «подход к использованию цифровых ресурсов для преобразования работы организации». Следовательно, можно сделать вывод, что даже малая часть приведенных дефиниций из представленных в научной литературе, не отражает единство мнений исследователей.

В тоже время в определении термина «цифровая трансформация» разногласий в научных кругах меньше. В работе А.Н. Бийчук [4] сформулировано такое определение: цифровая транс-

² Pickard S. Accelerating adoption of digital transformation for federal customers with AppDynamics FedRAMP. AppDynamics, July 12, 2019. URL: <https://www.appdynamics.com/blog/news/fedramp-environment-saas/> (дата обращения: 27.08.2020)

³ URL: <http://government.ru/rugovclassifier/614/events/>

⁴ Tierski H. The 5 key drivers of digital transformation. CIO, May 25, 2017. URL: <https://www.cio.com/article/3198121/whats-now-in-digital-transformation.html> (дата обращения: 27.08.2020)

формация — «процесс преобразования бизнеса, предполагающий формирование принципиально новых бизнес-моделей и бизнес-процессов, создание инновационных продуктов и услуг на базе комплекса передовых технологий». Б.М. Гарифуллин и В.В. Зябриков [5], в свою очередь, трактуют цифровую трансформацию как «осознанный, инициированный руководством процесс кардинального совершенствования бизнес-процессов как во внутренней, так и во внешней среде фирмы на основе поиска и/или разработки, а также последующего внедрения и использования цифровых технологий». Более лаконичное и емкое определение было предложено группой авторов [6], которые под цифровой трансформацией имеют в виду «масштабное изменение деловой стратегии и бизнес-процессов под влиянием цифровизации».

Исходя из выше рассмотренных определений следует, что «цифровизация» — это использование бизнесом цифровых технологий, в то время как «цифровая трансформация» — это изменения, возникающие в результате цифровизации. Таким образом, можно сделать выводы, что понятие «цифровой трансформации» является более широким и включает в себя понятие «цифровизации».

Поэтому наиболее точным, на наш взгляд, является следующее определение [7]: «Цифровая трансформация бизнеса — это переход от традиционной системы управления предприятием на инновационную, на основе внедрения релевантных информационно-коммуникационных технологий в деятельность предприятия, направленных на преобразование бизнеса и/или его трансформацию в цифровую форму для получения и/или удержания конкурентных преимуществ в современном обществе».

Исходя из того, что данная работа посвящена изучению драйверов цифровой трансформации, существует необходимость в определении и данного понятия. Драйвер (от англ. driver — двигатель, движущий механизм) — это движущая сила, которая способствует развитию и преобразованию процессов, субъектов и их состояний.

Методология

Методологической основой настоящего исследования послужили общенаучные и специфические методы познания. К общенаучным относятся методы контентного и сравнительного анализа. К специфическим методам, использованным в ходе исследования, относятся исследование корпуса источников в eLibrary и инструментарий стратегического анализа по модели ромба М. Портера, представляющей систему факторов, определяющих конкурентные преимущества национальной экономики⁵ (рис. 1). Использование модели ромба обусловлено возможностью выделить стейкхолдеров процесса цифровой трансформации в национальной экономике на макро-, мезо-, и микроуровнях.

В таком случае можно выделить следующие этапы исследования.

1. Выбор перечня стейкхолдеров процесса цифровой трансформации на основе адаптированного к данной проблеме модели ромба М. Портера и идентификация мотивов и стимулов для выделенных стейкхолдеров цифровой трансформации.
2. Выделение на основе анализа литературы, в том числе статистического исследования корпуса источников в eLibrary, драйверов цифровой трансформации.
3. Построение матрицы, отражающей степень заинтересованности и активности стейкхолдеров в формировании и использовании драйверов цифровой трансформации бизнеса.
4. Разработка предложений по формированию условий для цифровой трансформации бизнеса на основе построенной матрицы отношения стейкхолдеров и использовании драйверов цифровой трансформации бизнеса.

⁵ Porter M.E. The competitive advantage of nations. Harvard Business Review, 1990. URL: <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations/> (дата обращения: 26.08.2020)

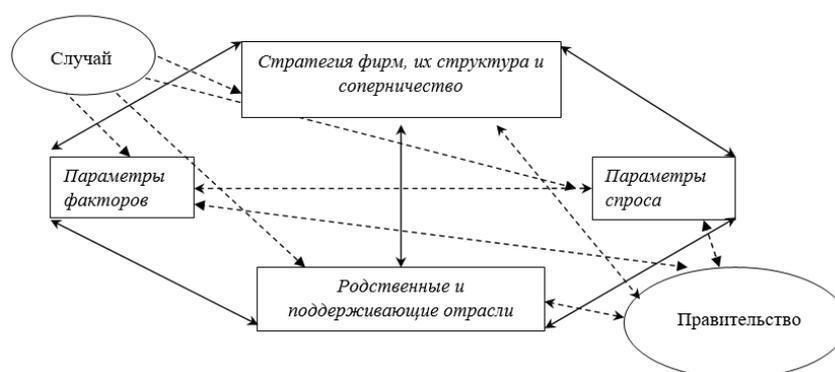


Рис. 1. Модель ромба
Fig. 1. The diamond model

Результаты

Основываясь на идее детерминантов конкурентного преимущества модели ромба, которая раскрывает четыре свойства национальной экономики, формирующих конкурентную среду предприятия, а компоненты которой, находясь во взаимодействии, усиливают или ослабляют потенциальный уровень конкурентного преимущества предприятий, можно выделить следующих стейкхолдеров цифровой трансформации бизнеса как основных заинтересованных сторон проведения цифровой трансформации:

1. предприятия, их стратегия, структура и конкуренция;
2. предприятия из смежных и поддерживающих отраслей;
3. рынок, формирующий спрос;
4. отрасль, формирующая предложение;
5. правительство.

Сами предприятия, конкуренты, а также предприятия из смежных и поддерживающих отраслей, несомненно, являются стейкхолдерами цифровой трансформации, потому что существует ряд мотивов, которые представляют собой внутренние стремления предприятий. Это может быть выражено в желании повысить эффективность, стать инновационным лидером отрасли, снизить издержки за счет использования новейших технологий, развивать цифровые компетенции персонала [8] и т.д. Конкуренты способствуют цифровой трансформации бизнеса в том случае, если они уже используют цифровые технологии и получают от этого выгоды. Остальным компаниям в отрасли приходится вынужденно трансформировать бизнес, чтобы сохранять конкурентоспособность на рынке.

Рынок как сфера спроса на товары и услуги демонстрирует свои ожидания и требования к качеству обслуживания, приобретаемым товарам и услугам. С использованием цифровых технологий у потребителей появились новые требования к компаниям: наличие различных способов коммуникации; удобный, интуитивно понятный интерфейс сайта и приложения; более качественная и экологичная продукция и множество других.

Отрасль как сфера предложения товаров и услуг, в первую очередь, может формулировать требования к выстраиванию партнерских отношений на инновационной основе между поставщиками, что требует особого подхода и использования цифровых технологий. Для эффективного сотрудничества необходимо перестраивать свои бизнес-процессы, чтобы оптимизировать временные и финансовые издержки. Именно поэтому возникают отраслевые решения, которые помогают с помощью метода моделировать совершенствовать бизнес-процессы. Особый интерес представляют технопарки, они создают цифровые технологии, порождающие новые возможно-

сти для предприятий. Именно технопарки задают направление цифровой трансформации и бизнеса, и государства в целом.

Правительство в случае России является основным стейкхолдером цифровой трансформации бизнеса, так как принятие национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» на период до 2024 года [9] задает стандарты, которых должны придерживаться все субъекты Российской Федерации. Кроме того, правительство может создавать как возможности, так и угрозы для цифровой трансформации предприятий [10]. Это обусловлено разным уровнем развития инфраструктуры в различных регионах (доступ к сети интернет), уровнем цифровых навыков населения, развитием цифрового правительства и т.п. [11].

В модели М. Портера есть еще один параметр — случай, который может как усиливать, так и ослаблять влияние всех вышеперечисленных параметров, своего рода катализатор экономических процессов. В данном исследовании этот параметр рассматриваться не будет, так как данное исследование построено на той предпосылке, что процесс перехода к цифровой экономике уже происходит.

Таким образом, осуществление цифровой трансформации бизнеса практически всегда происходит по инициативе стейкхолдеров, однако цели и движущие силы к ее осуществлению сильно отличаются.

Цели цифровой трансформации бизнеса можно объединить в две категории, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1. Цели цифровой трансформации бизнеса [12]
Table 1. Goals of digital business transformation

| Категория | Цели |
|---------------|---|
| Социальные | Способствовать развитию более инновационной и совместной культуры в промышленности и обществе |
| | Изменить систему образования, чтобы дать людям новые навыки и ориентирование в будущем, чтобы они могли достичь совершенства в цифровой работе и обществе |
| | Создавать и поддерживать инфраструктуры цифровой связи и обеспечивать их управление, доступность, качество обслуживания |
| | Усилить защиту цифровых данных, прозрачность, автономность и доверие |
| | Улучшение доступности и качества цифровых услуг, предлагаемых населению |
| Экономические | Внедрить новые и инновационные бизнес-модели |
| | Увеличение доходов, производительности и добавленной стоимости в экономике |
| | Улучшение нормативной базы и технических стандартов |

В зависимости от выбранной цели у компании могут формироваться разное отношение к драйверам цифровой трансформации. Отметим, что драйверы цифровой трансформации являются «факторами, влияющими на цифровые инновации, которые возникают внутри самой организации или из-за тенденций в организационной среде и могут быть отнесены к категории клиентов, технологий или организационного развития»⁶. Иными словами, драйверы цифровой трансформации — это движущие силы, способствующие или даже в некоторых случаях вынуждающие компанию осуществлять цифровую трансформацию бизнеса.

Анализ публикаций, посвященных вопросам осуществления цифровой трансформации бизнеса, отобранных при поиске в системе eLibrary как наиболее релевантные данной теме, позволил выявить и систематизировать информацию о движущих силах проведения цифровой трансформации бизнеса (табл. 2). Интерпретируя представленные результаты, можно заметить закономерность: все движущие силы цифровой трансформации условно разделены на две категории — «драйверы как мотив» и «драйверы как стимул». «Драйверы как мотив» — это внутренние дви-

жущие силы, побуждающие предприятие становиться более конкурентоспособным в новых условиях цифровой экономики. Это как бы внутренняя мотивация бизнеса, в то время как «драйверы как стимул» — это воздействие, оказываемое факторами внешней среды, и в этом случае можно говорить о вынужденной цифровой трансформации, необходимой для выживания предприятия в условиях цифровой экономики.

Таблица 2. Драйверы цифровой трансформации бизнеса
Table 2. Drivers of digital business transformation

| Стимул / Мотив | Драйвер |
|---------------------------------|--|
| Мотив (внутреннее желание) | Повысить эффективность |
| | Лучшее партнерское сотрудничество |
| | Цепочка создания стоимости |
| | Стратегия цифровой трансформации |
| | Развитие поведения и предпочтений клиентов и сотрудников |
| | Снижение затрат |
| | Оптимизация бизнес-процессов |
| | Улучшение рабочего места |
| | Повышение гибкости бизнеса |
| | Новый рост доходов |
| | Сервитизация товаров |
| Стимул (внешнее воздействие) | Конкурентное давление |
| | Цифровые технологии |
| | Цифровые возможности |
| | Бизнес-модели |
| | Новые стандарты в области регулирования и соответствия |
| | Проактивные инвестиции для борьбы с нарушениями |
| | Клиенты |
| | Цепочка поставок |
| | Инновационный толчок |
| | Подрывные конкуренты из других отраслей |
| | Растущее «цифровое поколение» |
| | Прозрачность и открытость информации |
| | Новые модели взаимодействия — шеринговая экономика |
| Цифровые платформы | |

Источник: составлено авторами на основе [13–15] и других источников⁷

Из табл. 2 видно, что «драйверов как мотив», хотя и несущественно, но меньше, чем «драйверов как стимул». Это говорит о том, что цифровая трансформация бизнеса имеет больше внешних движущих факторов, чем внутренних. Цифровые преобразования предприятий происходят, в большей мере, из-за давления внешней среды: требований клиентов, конкурентов, партнеров и поставщиков, а также технологических, экономических, политических и иных факторов внеш-

⁷ Solis B., Littleton A. The 2017 state of digital transformation: Research report. 2017. 38 p. URL: <https://www.prophet.com/wp-content/uploads/2018/04/Altimeter-2017-State-of-DT.pdf>; Digital transformation: Crossing the chasm from IT to the business. 2020. URL: <https://marketing.dell.com/Global/FileLib/eLearning/Digital-Transformation-Crossing-the-Chasm.pdf>; How to win at digital transformation. Forbes Insights, 2016. URL: https://images.forbes.com/forbesinsights/hds_digital_maturity/HowToWinAtDigitalTransformation.pdf; Уровень цифровизации на российском рынке недвижимости. PwC, 2018. URL: https://www.pwc.ru/ru/assets/pdf/presentation_digitalisation.pdf; Цифровая экономика: Глобальные изменения на основе новых цифровых технологий и инновационных бизнес-моделей // Фонд «Цифровые Платформы», 2019. URL: <http://www.fidp.ru/research/digital> (дата обращения: 26.08.2020)

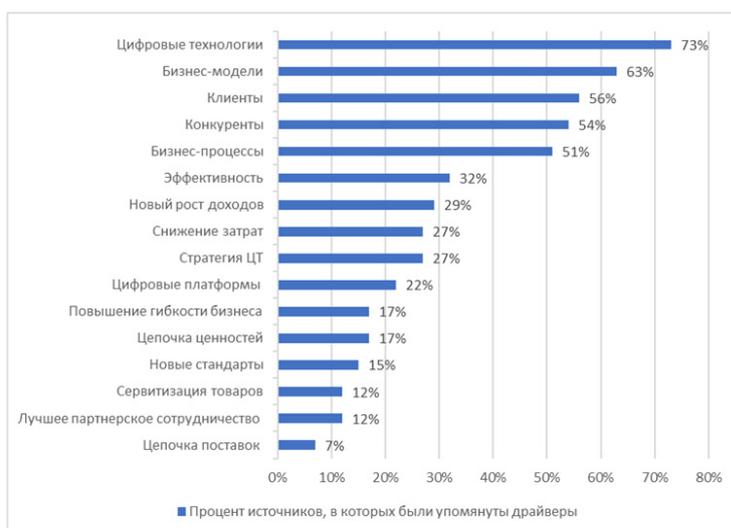


Рис. 2. Рейтинг частоты упоминания драйверов в контексте цифровой трансформации бизнеса
 Fig. 2. Rating of the frequency of mentioning drivers in the context of digital business transformation

ней среды. Наличие большого количества мотивов и стимулов создает необходимость разработки стратегии цифровой трансформации, чтобы учесть интересы всех заинтересованных сторон

Далее, в соответствии с поставленными задачами, был проведен анализ по выявлению частоты упоминания вышеперечисленных драйверов в контексте цифровой трансформации бизнеса. Несмотря на то, что авторы изученных публикаций не выделяют драйверы отдельной категорией и часто не называют их таковыми, эти факторы упоминаются в публикациях в качестве движущих сил цифровых преобразований.

На основе проведенного анализа по частоте упоминания драйверов можно выделить основные (упомянутые не менее, чем в 20% источников) драйверы цифровой трансформации бизнеса, а также определить степень заинтересованности стейкхолдеров в реализации этих драйверов (табл. 3).

Таблица 3. Драйверы цифровой трансформации бизнеса
 Table 3. Drivers of digital business transformation

| Драйвер | Стейкхолдер | | | | |
|----------------------------------|---------------|-------------|--|-------|---------|
| | Правительство | Предприятие | Предприятия из родственных и поддерживающих отраслей | Рынок | Отрасль |
| Цифровые технологии | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ |
| Бизнес-модели | | + | + | | |
| Клиенты | | +++ | +++ | | |
| Оптимизация бизнес-процессов | | +++ | | | |
| Эффективность бизнеса | | +++ | ++ | | |
| Новый рост доходов | ++ | +++ | + | | |
| Снижение затрат | | +++ | | | + |
| Стратегия цифровой трансформации | | +++ | | | |
| Цифровые платформы | ++ | +++ | ++ | ++ | ++ |

Условные обозначения:

- +++ *сильная степень заинтересованности*
- ++ *умеренная степень заинтересованности*
- + *слабая степень заинтересованности*
- отсутствие заинтересованности*

Представленные в табл. 3 оценки степени заинтересованности и влияния тех или иных драйверов из числа наиболее важных на стейкхолдеров цифровой трансформации бизнеса свидетельствуют, что наиболее вовлеченным и заинтересованным в использовании драйверов является сам бизнес. При этом следует отметить, что только три из девяти наиболее важных драйверов относятся к внешним стимулам, остальные шесть — внутренние мотивы, что, совокупно с высокой степенью заинтересованности предприятий, свидетельствует о существующем объективно высоком потенциале цифровой трансформации бизнеса. Важным условием успеха цифровой трансформации бизнеса является организация этого процесса на основе стратегического подхода и разработка стратегии цифровой трансформации компании.

Среди внешних факторов, способствующих цифровой трансформации бизнеса, выделяются цифровые технологии и их развитие, а также цифровые платформы и их доступность. Этот факт определяет рекомендации для главного актора, определяющего уровень формирования и развития этих драйверов — правительства. Его роль в содействии развитию цифровых технологий и формированию цифровых платформ чрезвычайно велика. При этом могут быть использованы различные инструменты, в том числе в рамках упомянутой выше национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Тем не менее, следует отметить, что национальная программа в значительной степени ориентирована на цифровую трансформацию государственного управления — она посвящена большей частью цифровизации государственных услуг и социальных сервисов. В частности, в разделе развитие цифровых платформ основное внимание уделено развитию цифровой платформы государственного управления. Поэтому представляется целесообразным усилить в практике управления реализацией национальной программы внимание к формированию условий ведения предпринимательской деятельности в цифровой среде и более полному использованию драйверов «Цифровые технологии» и «Цифровые платформы».

Заключение

Таким образом, можно констатировать, что в зависимости от стимулов и мотивов, компания может иметь различные наборы актуальных для нее драйверов, или движущих сил осуществления цифровой трансформации бизнеса. Постоянные процессы преобразования бизнес-моделей стали неотъемлемой частью функционирования предприятий, что связано с конкурентной борьбой, возрастающими требованиями потребителей, развитием цифровых технологий и появлением новых отраслевых решений для оптимизации бизнес-процессов. В результате проведенного исследования были выявлены и описаны драйверы цифровой трансформации. Уставлено, что для проведения цифровой трансформации с учетом интересов всех заинтересованных сторон необходимо разрабатывать стратегию цифровой трансформации, которая послужит важным драйвером преобразований.

Ограничением выполненного исследования является, во-первых, использование модели ромба М. Портера в качестве методологического инструмента: модель имеет преимущества, но не лишена недостатков, связанных, в частности, с ограниченным списком стейкхолдеров. Во-вторых, анализ и поиск публикаций выполнен только на портале eLibrary, что вполне отражает тенденции, сложившиеся в российской экономике и отечественной науке. Поиск по международным базам данных мог бы расширить представление о мировых трендах и тенденциях в этой области.

Соответственно, направлениями дальнейшего исследования может быть использование для анализа публикаций баз данных Web of Science и Scopus, а также расширение инструментария,



применяемого для анализа драйверов цифровой трансформации и идентификации стейкхолдеров этого процесса. Другим перспективным направлением последующих исследований может быть разработка методов и инструментов формирования и реализации стратегии цифровой трансформации бизнеса как ключевого внутреннего драйвера цифровизации компании.

Благодарности

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках выполнения исследований по проекту № 18-010-01119.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Василенко Н.В.** Влияние цифровизации экономики на занятость и рынок труда // Промышленная политика в цифровой экономике: проблемы и перспективы / Под ред. А.В. Бабкина. СПб.: СПбПУ, 2017. С. 34–37. DOI: 10.18720/IEP/2017.5/3
2. **Плотников В.А.** Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия СПбГЭУ. 2018. № 4(112). С. 16–24.
3. **Устинович Е.С.** Цифровизация социальной сферы в России // Социальная политика и социальное партнерство. 2019. № 2.
4. **Бийчук А.Н.** Цифровая трансформация бизнеса в современной экономике // Экономическая среда. 2017. № 2. С. 14–16.
5. **Гарифуллин Б.М., Зябриков В.В.** Цифровая трансформация бизнеса: модели и алгоритмы // Креативная экономика. 2018. № 9. С. 1345–1358. DOI: 10.18334/ce.12.9.39332
6. **Макаров И.Н., Широкова О.В., Арутюнян В.А., Путинцева Е.Э.** Цифровая трансформация разномасштабных предприятий, вовлеченных в реальный сектор российской экономики // Экономические отношения. 2019. № 9–1. С. 313–326. DOI: 10.18334/eo.9.1.39966
7. **Зайченко И.М., Горшечникова П.Д., Лёвина А.И., Дубгорн А.С.** Цифровая трансформация бизнеса: подходы и определения // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. 2020. № 2. С. 205–212. DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-2-205-212
8. **Козлов А.В., Аль-Хаир Л.** Роль цифровых компетенций персонала в формировании человеческого капитала промышленного предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. № 3. С. 129–140. DOI: 10.18721/ЖЕ.13310
9. **Ebert C., Duarte C.H.C.** Digital transformation. IEEE Software, 2018, no. 35–4, pp. 16–21. DOI: 10.1109/MS.2018.2801537
10. **Бабкин А.В., Широков П.Н., Данилова В.О.** Приоритеты инвестиционной политики государства в системе обеспечения экономической безопасности реального сектора экономики // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2020. № 1. С. 55–64. DOI: 10.18721/ЖЕ.13105
11. **Бабкин А.В., Глухов В.В.** Этапы и алгоритм оценки уровня цифровизации мегаполиса в рамках стратегии устойчивого развития экономики. Сборник докладов. Санкт-Петербургский международный экономический форум. Секция на базе Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого / Под ред. А.И. Рудского, В.В. Окрепилова. СПб.: СПбПУ, 2019. С. 7–11.
12. **Hrustek L., Tomičić Furjan M., Pihir I.** Influence of digital transformation drivers on business model creation. 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2019, pp. 1304–1308. DOI: 10.23919/MIPRO.2019.8756666
13. **Morakanyane R., Grace A., O'Reilly P.** Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature. Digital transformation, from connecting things to transforming our lives. 30th Bled eConference, 2017, pp. 427–444.
14. **Liere-Netheler K., Packmohr S., Vogelsang K.** Drivers of digital transformation in manufacturing. Proceeding of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, 2018, pp. 3926–3935.
15. **Davydenko I., Kolomytseva O. et al.** Innovative potential: The main drivers of digital transformation. New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED 2019), 2019, pp. 594–597. DOI: 10.2991/aebmr.k.200324.111

REFERENCES

1. **N.V. Vasilenko**, Vliyaniye tsifrovizatsii ekonomiki na zanyatost i rynek truda [Impact of digitalization of the economy on employment and the labor market]. Babkin A.V. (Ed.). Promyshlennaya politika v tsifrovoy ekonomike: problemy i perspektivy [Industrial policy in the digital economy: Problems and prospects]. St. Petersburg, SPbPU, 2017, pp. 34–37. (rus). DOI: 10.18720/IEP/2017.5/3
2. **V.A. Plotnikov**, Digitalization of production: The theoretical essence and development prospects in the Russian economy. Izvestiya SPbGEU, 2018, no. 4(112), pp. 16–24. (rus)
3. **E. Ustinovich**, Digitalization of social sphere in Russia. Sotsialnaya politika i sotsialnoe partnerstvo, 2019, no. 2. (rus)
4. **A.N. Biychuk**, Tsifrovaya transformatsiya biznesa v sovremennoy ekonomike [Digital transformation of business in the modern economy]. Ekonomicheskaya sreda, 2017, no. 2, pp. 14–16. (rus)
5. **B.M. Garifullin, V.V. Zyabrikov**, Digital transformation of business: Models and algorithms. Kreativnaya ekonomika, 2018, no. 12–9, pp. 1345–1358. (rus). DOI: 10.18334/ce.12.9.39332
6. **I.N. Makarov, O.V. Shirokova, V.A. Arutyunyan, E.E. Putintseva**, Tsifrovaya transformatsiya raznomasshtabnykh predpriyatiy, vovlechenykh v realnyy sektor rossiyskoy ekonomiki. Ekonomicheskie otnosheniya, 2019, no. 9–1, pp. 313–326. (rus). DOI: 10.18334/eo.9.1.39966
7. **I.M. Zajchenko, P.D. Gorshcnikova, A.S. Dubgorn, A.I. Levina**, Digital transformation of business: Approaches and definitions. Scientific journal NRU ITMO. Series Economics and Environmental Management, 2020, no. 2, pp. 205–212. (rus). DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-2-205-212
8. **A.V. Kozlov, L. Alkhayer**, The role of digital competencies of personnel in the formation of human capital of an industrial enterprise. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2020, no. 3, pp. 129–140. (rus). DOI: 10.18721/JE.13310
9. **C. Ebert, C.H.C. Duarte**, Digital transformation. IEEE Software, 2018, no. 35–4, pp. 16–21. DOI: 10.1109/MS.2018.2801537
10. **A.B. Babkin, P.N. Shirov, V.O. Danilova**, Priorities of investment policy of the state in the system of ensuring economic security of the real sector of the economy. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2020, no. 1, pp. 55–64. (rus). DOI: 10.18721/JE.13105
11. **A.V. Babkin, V.V. Glukhov**, Etapy i algoritm otsenki urovnya tsifrovizatsii megapolisa v ramkakh strategii ustoychivogo razvitiya ekonomiki [Stages and algorithm for assessing the level of digitalization of a metropolis within the framework of the strategy for sustainable development of the economy]. Rudskoy A.I., Okrepilov V.V. (Eds.). Sbornik dokladov. Sankt-Peterburgskiy mezhdunarodnyy ekonomicheskii forum. Sektsiya na baze Sankt-Peterburgskogo politekhnicheskogo universiteta Petra Velikogo [Collection of reports. St. Petersburg International Economic Forum. Section on the basis of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University]. St. Petersburg, SPbPU, 2019, pp. 7–11. (rus)
12. **L. Hrustek, M. Tomičić Furjan, I. Pihir**, Influence of digital transformation drivers on business model creation. 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2019, pp. 1304–1308. DOI: 10.23919/MIPRO.2019.8756666
13. **R. Morakanyane, A. Grace, P. O'Reilly**, Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature. Digital transformation, from connecting things to transforming our lives. 30th Bled eConference, 2017, pp. 427–444.
14. **K. Liere-Netheler, S. Packmohr, K. Vogelsang**, Drivers of digital transformation in manufacturing. Proceeding of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, 2018, pp. 3926–3935.
15. **I. Davydenko, O. Kolomytseva, et al.**, Innovative potential: The main drivers of digital transformation. New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED 2019), 2019, pp. 594–597. DOI: 10.2991/aebmr.k.200324.111

Статья поступила в редакцию 02.09.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

ЗАЙЧЕНКО Ирина Михайловна

E-mail: imz.fem.spbpu@mail.ru

ZAYCHENKO Irina M.

E-mail: imz.fem.spbpu@mail.ru

КОЗЛОВ Александр Владимирович

E-mail: avk55-spb@yandex.ru

KOZLOV Aleksandr V.

E-mail: avk55-spb@yandex.ru

ШИТОВА Евгения Сергеевна

E-mail: shytova.yevheniia@gmail.com

SHYTOVA Yevheniia S.

E-mail: shytova.yevheniia@gmail.com

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНА: ЭССЕНЦИАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Мерзликина Г.С.

Волгоградский государственный технический университет,
Волгоград, Российская Федерация

Инновационная деятельность в регионах становится основным фактором экономического роста. Успех инновационного развития региона определяет конкурентоспособность территории, благосостояние граждан, проживающих на ней. Результаты инновационного развития регионов статистически наблюдаемы и измеряемы, для оценки используются различные методики, включающие различные показатели в различных группировках. Инновационное развитие региона во многом определяется инновационным развитием предприятий, находящихся на территории региона (другие проблемы измерения). До сих пор идет активное обсуждение объективности и верности данных оценок. В статье проведен компаративный анализ методик оценки инновационного развития регионов, используемых в ЕС, США, России и предлагаемых учеными. Изучены двадцать восемь методик, представляющих двадцать точек зрения на структуру показателей оценки инновационного развития. Выявлено, что в большинстве методик используется от трех до пяти групп показателей, но без достаточно обоснования выделения именно этих групп; в основе группировок лежит, как правило, «процессный подход» (включающий три этапа: «вход», «процесс», «выход»), отсутствуют показатели эффективности инновационного процесса, многие показатели разбросаны по различным группам (например, «финансирование»), что затрудняет итоговую оценку инновационного процесса. Не дается развернутого определения содержания понятия «инновационное развитие», не прописаны цели, задачи, критерии (возможно, считается это необязательным для уточнения или общепонятным). В статье предложено уточнение сущностного (эссенциального) содержания понятия «инновационное развитие региона» как сбалансированного инновационного состояния региона, инновационной состоятельности региона, конкретизированы цели, задачи, критерии оценки. Предложена новая архитектура показателей инновационного развития региона, включающая пять групп показателей: оценка инновационного потенциала (первая — оценка образовательного потенциала, вторая — оценка научного потенциала), оценка эффективности (третья), оценка результативности инновационного развития (четвертая) и формирование и реализация региональной инновационной политики (пятая). Предложенная архитектура показателей инновационного развития предполагает реализацию принципа сбалансированного управления: формируется инновационный потенциал и предполагается его активное результативное использование (баланс возможностей и сил); эффективная региональная инновационная политика — «регулятор» баланса.

Ключевые слова: инновационное развитие региона, инновационный потенциал, инновационная активность, эссенциальное определение, инновационное сбалансированное состояние региона

Ссылка при цитировании: Мерзликина Г.С. Инновационное развитие региона: Эссенциальная архитектура показателей // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 50–64. DOI: 10.18721/JE.13504

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF A REGION: ESSENTIAL ARCHITECTURE OF INDICATORS

G.S. Merzlikina

Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russian Federation

Regional innovation is becoming the main factor in economic growth. The success of the innovative development of a region determines the competitiveness of the territory and well-being of the citizens living in it. The results of the innovative development of regions are statistically observable and measurable; for the assessment, various methods are used, including various indicators in different groups. The innovative development of a region is largely determined by the innovative development of the enterprises located in the region (other measurement problems). There is still an active discussion of the objectivity and correctness of these assessments. The article provides a comparative analysis of the methods for assessing the innovative development of regions used in the EU, USA, Russia and proposed by scientists. The authors studied twenty-eight methods, representing twenty points of view on the structure of indicators for assessing innovative development. It was revealed that most of the methods use from three to five groups of indicators, but without sufficient justification for the selection of these groups; the groupings are, as a rule, based on the “process approach” (which includes three stages: “input”, “process”, “output”), there are no indicators of the effectiveness of the innovation process, many indicators are scattered across different groups (for example, “financing”), which complicates the final assessment of the innovation process. There is no detailed definition of the concept of innovative development, the goals, objectives, criteria are not “spelled out” (perhaps this is considered optional for clarification, or generally understood). The article proposes to clarify the essential content of the concept of “innovative development of a region” as a balanced innovative state of the region, its innovative consistency, specifies the goals, objectives, and assessment criteria. A new architecture of indicators of innovative development of a region is proposed, which includes five groups of indicators: an assessment of innovative potential (the first is an assessment of the educational potential, the second is an assessment of the scientific potential), an assessment of efficiency (third), an assessment of the effectiveness of innovative development (fourth) and the formation and implementation of the regional innovation policy (fifth). The proposed architecture of indicators of innovative development presupposes the implementation of the principle of balanced management: a region forms innovative potential and uses it in an efficient manner (a balance of opportunities and resources); effective regional innovation policy is a balance “regulator”.

Keywords: innovative development of a region, innovative potential, innovative activity, essential content, balanced innovative state of the region

Citation: G.S. Merzlikina, Innovative development of a region: Essential Architecture of indicators, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 50–64. DOI: 10.18721/JE.13504

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

В настоящих условиях актуализируется инновационная составляющая деятельности предприятия, региона, страны. Инновации должны стать основным фактором социально-экономического развития страны, региона [1], фактором конкурентоспособности территории [2], т.н. «мощности» регионов [3]. Инновационное развитие обеспечивает благосостояние страны, региона, предприятий, и эффективность инвестиций. По некоторым оценкам, около 60% прибыли предприятий генерируется инновациями [4] и, соответственно, пополняет региональный бюджет.

Значимость инновационной деятельности велика, однако ее результативность вызывает много вопросов. Даже в инновационно успешных зарубежных странах обсуждается, например, т.н. «европейский парадокс» — неспособность массивированных государственных инвестиций в НИО-КР обеспечивать соответствующий экономический рост [5]. Анализ результатов инновационного развития регионов в нашей стране говорит о недостаточности инноваций, научных разработок,

коммерциализации инноваций. Появился термин «дефицит инноваций» [6]¹, что подтверждается результатами статистического наблюдения инновационного развития². Необходимость активизации инноваций — серьезная проблема, решение которой зависит от многих факторов, в том числе и от мотивации инновационной деятельности.

Кроме того, обсуждается в нашей стране вопрос и о некой «имитации» инноваций: показатели оценки инновационной деятельности вроде бы неплохие, а инновации практически отсутствуют. Отсутствует рынок инноваций, доминирует покупка известных технологий за рубежом под видом инновационных разработок. По существу, идет речь о копировании зарубежных технологий, а креативных разработок крайне мало. Проблема видится в отсутствии системы показателей, позволяющих объективно и мотивированно оценить эффективность инновационных процессов. Исследований по разработке показателей инновационного развития и предприятия и региона много, но большинство представляют собой авторизированную версию комбинации показателей зарубежных методик оценки (ЕС и США).

Необходимость инноваций — требование времени, верная и объективная оценка уровня инновационного развития регионов позволит определить и мотивировать инновационные управленческие решения.

В качестве **объекта исследования** автор статьи рассматривает инновационную деятельность предприятий и организаций в регионе (промышленности, науки, образования, бизнеса и исполнительных органов власти). **Предметом исследования** является процесс оценки уровня инновационного развития региона.

Цель исследования — проанализировать существующие методы оценки инновационного развития региона и разработать предложения по формированию новой архитектуры показателей оценки.

Задачи исследования:

- 1) провести компаративный анализ отечественного и зарубежного опыта формирования архитектуры показателей инновационного развития региона;
- 2) исследовать содержание понятия «инновационное развитие региона», предлагаемого различными учеными;
- 3) уточнить содержание понятия «инновационное развитие региона» с точки зрения его сущности, целеполагания, задач и критериев оценки;
- 4) разработать новую архитектуру показателей инновационного развития региона.

Методика исследования

В процессе исследования использовались положения теории управления экономикой региона, теории инновационного менеджмента, концепции устойчивого развития, научные основы стратегического менеджмента, изложенные трудах известных российских и зарубежных ученых, методы статистического наблюдения и анализа, методы, механизмы и инструменты управления экономикой региона, методология и инструментарий оценки эффективности деятельности.

Результаты и обсуждение

Инновационное развитие регионов РФ: основные результаты. Рассмотрим основные результаты (своего рода «проблемные точки») инновационного развития в России. Опираясь на официальные статистические данные³, проанализируем показатели и сравним с показателями различных стран. Обобщенная информация по результатам инновационной деятельности более ярко представлена по странам, своего рода макрорегионам.

¹ The future postponed: Why declining investment in basic research threatens a U.S. innovation deficit. A Report by the MIT Committee to Evaluate the Innovation Deficit. Cambridge (MA), 2015.

² Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 11.04.2020).

³ Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 11.04.2020); Россия в цифрах. 2019: Крат. стат. сб. М.: Росстат, 2019. 549 с.

Из результирующих показателей инновационного развития традиционно выделяют долю организаций, занимающихся инновациями, и величину затрат на инновации. Удельный вес организаций, осуществляющих инновации в 2017 г. в России — 8,5% (для сравнения, в Германии — 63,7%, в Великобритании — 58,7%, в странах Восточной Европы — 40–42%). Наибольшая часть в общих затратах на технологические инновации в России в 2017 г. пришлось на исследования и разработки, выполненные собственными силами (самоинновации) — 27,1% (в Германии — 47,8%, в Великобритании — 42,1%). В общем объеме отгруженной в России в 2017 г. продукции инновационная продукция занимает 7,2%, (в Германии — 14,0%, в Великобритании — 15,5%, в Испании — 19,3%, в Словакии — 20,3%), за последние 10 лет этот показатель в России колебался 4,6% до 9,2%. Следует обратить внимание, что инновационные товары могут быть новыми для организации («догоняем») и принципиально новые для рынка; при всей значимости и тех, и других инновационный прорыв — это новые для рынка товары. В России в 2017 г. они составили 1,8% общего объема продукции (в Германии — 3,0%, в Великобритании — 7,6%, в Испании — 9,8%, в Словакии — 12,7%).

Интересны результаты исследования факторов, оказывающих «сопротивление» технологическим инновациям. Согласно опросу 2017 года, в России на первом месте находится недостаток средств, на втором — стоимость инноваций; те же факторы называют в Словакии, Германии, Португалии: это общие «болезни». Но в Германии и Италии на втором месте по значимости — недостаточная квалифицированность персонала. Незрелость кооперационных связей значима для Португалии (вес показателя — 10%), Италии, Словакии (6,0%) и Германии (4,6%), а в России этот показатель дал 1,8%. Наверное, этап осознания необходимости персонала и развития конкуренции-кооперации между предприятиями региона Россией еще не пройден.

Краткий обзор статистических результатов инновационной деятельности выявил явное отставание России по результатам инновационного развития и позволил лишним раз подчеркнуть значимость активизации инновационной деятельности и, в определенной степени, определить ориентиры («маяки») перечня и рекомендуемых значений показателей.

Значимость оценки инновационного развития регионов. В настоящее время происходит переосмысление необходимости и важности инновационного развития именно региона. Если ранее фокус внимания ученых был направлен на инновационное развитие предприятия (самостоятельного хозяйствующего субъекта), то теперь инновационная деятельность может эффективно осуществляться только на определенной территории. Масштаб научных исследований-инноваций требует объединения усилий нового знания, коммерциализации инноваций, привлечения специалистов, ресурсного обеспечения всех участников инновационного процесса (пространственная близость) и формирования комплексной программы инновационного развития территории. Необходима концентрация всех имеющихся ресурсов в рамках конкретной специализации, территориальная близость создателей «интеллектуального капитала», «технологических ресурсов» и бизнеса, государственное регулирование инновационной деятельности [2].

В определенном смысле переключение внимания инновационного развития на новый объект — регион (территорию) не ново, в свое время еще М. Портер говорил о том, что в условиях глобализации конкурентные преимущества часто «привязаны к месту». В настоящее время организации выбирают своих партнеров в соответствии с их географической, когнитивной, организационной, институциональной и социальной близостью, реализуя совместные проекты в области исследований и разработок [7]. Активизировался процесс интеграции региональных и отраслевых инновационных систем (говорят и сосуществующих инновационных системах) [8], создается новая пространственная архитектура инноваций [9]. Пространственная близость участников инновационной деятельности априори обуславливает их кластеризацию (де факто), оперативную работу и согласование управленческих решений. Специализация участников инновационной деятельности способствует эффективному «разделению инновационного труда» [10].

Управление инновационным развитием региона предполагает наличие инструментального обеспечения — показателей оценки. Статистически наблюдаемы и измеряемы многие показатели инновационной деятельности, однако не все показатели могут «показать» эффективность реализации инновационного процесса.

Существующие методы оценки инновационного развития региона. Важно использовать верные инструменты для измерения: от качества, обоснованности и объективности инструментов зависит результат и, соответственно, принимаемые с учетом этого управленческие решения (русские читатели наверняка помнят сказку Г. Остера «38 попугаев», герои которой изменяли удачу разными способами). Проблема оценки инновационного развития региона включает в себя две части: проблему архитектуры показателей оценки (логики построения групп показателей, соответствие сущности оцениваемого процесса, его целей и задач) и проблему обоснования и возможности использования различных конкретных показателей оценки инновационного развития региона. Это две тесно связанных друг с другом серьезные проблемы, решение каждой из которых потребует многих усилий и исследований. Данная статья посвящена решению первой проблемы.

Компаративный анализ различных методик оценки инновационного развития (подробные результаты в данной статье не приведены, чтобы не превращать материал в скрипторий) позволил выявить расхождения не столько по составу показателей (показатели во всех методиках перекликаются), сколько различные группировки этих показателей (табл. 1).

Таблица 1. Группы показателей оценки инновационного развития региона*
Table 1. Groups of indicators for assessing the innovative development of the region*

| Страна, Авторы методики | Количество и наименование групп показателей |
|--|--|
| 1. ЕС, Индекс RIS ⁴ [11, 12] | 1. Факторы инновационного развития 2. Деятельность фирм 3. Результаты инновационной деятельности |
| 2. ЕС, Европейское инновационное табло [9] | 1. Условия (человеческие ресурсы, финансирование и господдержка, доступ к ИКТ) 2. Деятельность фирм (инвестиции компаний, взаимодействие и предпринимательство, производительность, результаты, инноваторы, экономические эффекты) |
| 3. США ⁵ | 1. Человеческий капитал 2. Экономическая динамика 3. Производительность и занятость 4. Благополучие |
| 4. США ⁶ | 1. Ресурсы для инноваций (innovation inputs) 2. Инновационное поведение (innovation performance) |
| 5. Россия [14] | 1. Инновационная среда (условия для развития инновационной деятельности: образованность, инновационность, обеспеченность ИКТ) 2. Экономическая эффективность территории (рост производительности труда, сокращение затрат и др.) |
| 6. Россия [15, 16] | 1. «Вход»: формирование инновационного потенциала региона 2. «Процесс»: результаты инновационной деятельности предприятий (организаций) на территории региона 3. «Выход»: показатели результативности инновационной деятельности |

⁴ Innovation union scoreboard 2011: The innovation Union's performance for research and innovation. Pro Inno Europe, 2012.

⁵ Andrew J.P., DeRocco E.S., Taylor A. The innovation imperative in manufacturing: How the United States can restore its edge. The Boston Consulting Group, 2009. 28 p.

⁶ Andrew J.P., DeRocco E.S., Taylor A. The innovation imperative in manufacturing: How the United States can restore its edge. The Boston Consulting Group, 2009. 28 p.

| | |
|-----------------------------|--|
| 7. Россия [17] ⁷ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Инновационный потенциал (состояние науки и образованность) 2. Инновационная инфраструктура и инновационный климат (численность инновационных предприятий инфраструктуры, инвестиции-поддержка, инновационные проекты) 3. Результативность инновационной деятельности (использование инновационных технологий, производство инновационных товаров) <p>+ дополнительные качественные факторы</p> |
| 8. Россия ⁸ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Факторы инновационной восприимчивости региона (производительность труда, фондоотдача и экологичность производства). 2. Факторы инновационной активности региона (затраты на исследования и разработки, технологические инновации, выпуск инновационной продукции) |
| 9. Россия ⁹ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовка человеческого капитала (образовательный потенциал) 2. Создание новых знаний (затраты на исследования и разработки, численность исследователей) 3. Передача и применение знаний (патенты, организации, занимающиеся инновациями) 4. Вывод инновационной продукции на рынок (выпуск инновационной продукции, использованные передовые технологии) |
| 10. Россия ¹⁰ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Среда для развития инноваций 2. Производство и использование инноваций 3. Правовая среда |
| 11. Россия [18] | <ol style="list-style-type: none"> 1. Уровень социально-экономического и финансового развития 2. Конкурентоспособность и инвестиционная привлекательность 3. Уровень научно-технического потенциала. 4. Уровень развития инновационной деятельности |
| 12. Россия [19] | <ol style="list-style-type: none"> 1. Потенциал в создании инноваций (образовательный и научный потенциал региона) 2. Потенциал в коммерциализации инноваций (результаты деятельности инновационно активных предприятий) 3. Результативность инновационной политики (оценке усилий органов государственной власти региона по поддержке инновационной деятельности) |
| 13. Россия [20] | <p>Ключевые показатели:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Объем выработки несырьевой продукции на одного занятого в регионе 2. Доля занятых в кластере с высоким уровнем оплаты труда 3. Удельный вес инновационной продукции в объеме отгруженной продукции 3. Доля занятых в кластере 4. Доля занятых на малых инновационных предприятиях <p>и другие</p> |
| 14. Россия [21] | <ol style="list-style-type: none"> 1. Потенциал в создании инноваций (количество и качество человеческого капитала в регионе) 2. Возможности в коммерциализации инноваций (финансовые и институциональные показатели) 3. Результативность инновационной политики региональных властей (косвенная оценка базовых характеристик экономической среды) |
| 15. Россия [22] | <ol style="list-style-type: none"> 1. «Вход»: валовой региональный продукт, численность научно-технического, исследовательского персонала региона 2. «Внутренние показатели»: показатели наличия и использования интеллектуальной собственности субъектов региона, инвестиционные возможности региона 3. «Выход»: инновационный имидж и репутация региона, число научных открытий (патентов, изобретений), экспорт инноваций, публикационная активность |
| 16. Россия [23] | <ol style="list-style-type: none"> 1. Показатели, характеризующие уровень экономического развития региона 2. Показатели, характеризующие уровень инновационного развития региона 3. Показатели, характеризующие научно-исследовательский потенциал региона 4. Показатели, характеризующие уровень развития высокотехнологичных отраслей в регионе 5. Показатели, характеризующие позицию региона в рейтингах |

⁷ Ассоциация инновационных регионов России. URL: <http://www.i-regions.org/materials/regional-research/2304.2010> (дата обращения: 10.05.2020).

⁸ Гусев А.Б. Формирование рейтингов инновационного развития регионов России и выработка рекомендаций по стимулированию инновационной активности субъектов Российской Федерации // Капитал страны: федеральное интернет-издание. 3.04.2009.

⁹ Желтова В. Научно-технический форсайт РФ: Региональные аспекты. Некоторые выводы и исследования. Центр стратегических разработок Северо-Запад, 2007.

¹⁰ Рейтинг инновационной активности регионов-2013. Составлен Национальной ассоциацией инноваций и развития информационных технологий (НАИРИТ). URL: https://www.cnews.ru/news/line/nairit_predstavila_rejting_innovatsionnoj (дата обращения: 12.05.2020).

| | |
|--------------------------|---|
| 17. Россия [24] | <ol style="list-style-type: none"> 1. Инновационный потенциал 2. Инновационная активность (интенсивность мобилизации инновационного потенциала) 3. Инновационная деятельность 4. Инновационная активность (интенсивность инновационной деятельности) |
| 18. Россия [25] | <ol style="list-style-type: none"> 1. Развитие экономики 2. Финансовое положение 3. Развитие инновационного производства 4. Развитие социальной сферы 5. Развитие интеллектуального капитала |
| 19. Россия [26] | <ol style="list-style-type: none"> 1. Показатели наличия потенциала для создания инноваций (в первую очередь, человеческих ресурсов) 2. Показатели финансовых возможностей региона в производстве инновационной продукции 3. Показатели результативности инновационного развития |
| 20. Россия ¹¹ | <ol style="list-style-type: none"> 1. Социально-экономические условия инновационной деятельности 2. Инновационный научно-технический потенциал 3. Инновационная деятельность 4. Индекс экспортной активности (с 2019 г.) 5. Индекс качества инновационной политики |

*Название групп показателей идентичны предложенными авторами, некоторые названия показателей приведены по своему сущностному смыслу (название показателей может не совпадать с авторскими)

Источник: составлено автором

Основные выводы

1. Используются от трех до пяти групп показателей. Формирование групп, своего рода систематизация показателей преследовала цель отразить какую-то грань инновационного развития региона, однако обоснования выделения именно заявленных групп показателей не представлено.

2. Большинство предложенных российскими исследователями методик по существу представляют собой методики ЕС и США, опирающиеся на процессный подход: указываются группы «входа», «выхода» и внутренние показатели процесса. Сам по себе процесс управления и оценки предполагает популярные и адекватные инновационной деятельности (как процессу) показатели. Однако классическое понимание процесса управления предполагает безусловную оценку эффективности (организация процесса) и результативности (достижение цели). К сожалению, показатели эффективности предлагаются очень редко [22, 25], в большинстве методик их нет. Показатели результативности фактически сведены к показателю производства инновационной продукции (доля инновационных товаров в отгруженных). Показатели эффективности должны быть включены в показатели оценки инновационного развития. Если предполагается возможность организации процесса инновационной деятельности, тогда необходимо сопоставить полученный результат с приложенными усилиями (либо с текущими затратами, либо использованными ресурсами). Набор показателей эффективности (обобщающие, частные, ресурсные, затратные, ресурсно-затратные) известны в теории эффективности, поэтому предлагать какой-то иной новый показатель не следует. Важно верно оценить результаты и затраты или ресурсы.

3. Практически все методики предполагают оценку индексов по группам показателей и обобщающего, интегрального индекса, что, соответственно дает возможность как определять сам индекс, так и осуществлять его декомпозицию, т.е. формировать управленческие решения. Однако весовые коэффициенты групп показателей, как правило, задаются субъективно самими исследователями. Авторы некоторых методик пытаются обойти проблему обоснованности весовых коэффициентов, уравнивая их (вес каждой группы показателей одинаков), что не менее спорно.

¹¹ Рейтинг инновационного развития субъектов РФ. Вып. 6 / Под ред. Л.М. Гохберга. М.: ВШЭ. 2020. 264 с.; Индикаторы инновационной деятельности: 2019: Стат. сб. М.: ВШЭ, 2019. 376 с.; Рейтинг инновационного развития субъектов РФ. Вып. 5 / Под ред. Л.М. Гохберга. М.: ВШЭ, 2017. 260 с.

4. Показатели, используемые для оценки инновационного развития и характеризующие эффективность и результативность инноваций, рассредоточены по различным группам показателей (пожалуй, только за исключением [25]). Обратимся к методикам НИУ «Высшая школа экономики»¹²: показатель финансирования науки и инноваций отдельно присутствует во второй группе (финансирование НИР), в третьей группе (затраты на технологические инновации), в пятой группе (как бюджетная поддержка гражданской науки и технологических инноваций). Рассредоточение финансирования этапов реализации инноваций размывает оценку текущих и капитальных затрат и не позволяет оценить эффективность инновационной деятельности в целом (от идеи до производства).

5. Сравнительный анализ результатов оценки индекса инновационного развития¹³ (цифровой материал здесь не представлен) приводит к однозначному заранее предсказуемому выводу о значительно более высоком уровне индекса у лидеров — Москвы, Республики Татарстан и Санкт-Петербурга. В системе показателей заложены значимые уже свершившиеся и накопленные инновационные инвестиции. Кроме того, лидеры рейтинга — это известные центры научных исследований с мощной образовательной и научной базой. Если рейтинг определяется с целью выявить передовые регионы (своего рода соревновательность) для возможной поддержки (в первую очередь, финансовой), то результат более чем предсказуем. И это также вызывает сомнение в объективности оценки уровня инновационного развития региона.

6. Ни в одной методике не дается развернутого определения содержания понятия «инновационное развитие», не прописаны цели, задачи, критерии.

Формируя модели инновационного развития и предприятия и региона, многие исследователи и аналитики используют известные, широко и часто используемые инструменты. Именно на их основе проводится анализ, делаются выводы о результативности и строятся прогнозы инновационного развития. Но следует сослаться на закон Гудхарта (суть которого в том, что, когда экономический показатель становится целью для проведения экономической политики, прежние эмпирические закономерности, использующие данный показатель, перестают действовать) и закон Кэмпбелла (перефразируя — показатели контроля, которые навязываются сверху, можно использовать по-разному, в том числе и в свою пользу); кроме того, как отмечается в [27], если организационные эффекты значительны (значимы), то оценки могут дать ложные результаты (spurious or noisy results).

Эссенциальное (сущностное) понятие «инновационное развитие региона». По нашему мнению, критерии инновационного развития региона определяются целевыми ориентирами, сущностным содержанием данного процесса: создание в регионе условий формирования и развития кадрового потенциала (образовательного, исследовательского), поддержка и стимулирование инновационной активности региональных предприятий и организаций, актуализация инноваций в госсекторе (на уровне региона — обеспечение и сопровождение любой инновационной деятельности). Как правило, под инновационным развитием региона подразумевается процесс общественно-экономического характера, направленный на формирование инновационной системы в регионе (РИС), комплекса предприятий и организаций, осуществляющих производство новых знаний, их использование, обеспечивающих социально экономическое развитие региона за счет обеспечения устойчивых инновационных процессов [13].

Инновационное развитие часто рассматривается в настоящее время как предметно-технологический процесс (результат научно-технической деятельности), деятельностно-функциональный процесс (создания, внедрения и распространения новшеств) и универсально-процессуаль-

¹² Рейтинг инновационного развития субъектов РФ. Вып. 6 / Под ред. Л.М. Гохберга. М.: ВШЭ, 2020. 264 с.; Индикаторы инновационной деятельности: 2019: Стат. сб. М.: ВШЭ, 2019. 376 с.; Рейтинг инновационного развития субъектов РФ. Вып. 5 / Под ред. Л.М. Гохберга. М.: ВШЭ, 2017. 260 с.

¹³ Рейтинг инновационного развития субъектов РФ. Вып. 5 / Под ред. Л.М. Гохберга. М.: ВШЭ, 2017. 260 с.

ный процесс (совокупность самих новшеств и последствий их внедрения в жизнь общества). В связи с этим, достижение основной цели развития инновационной деятельности предполагает:

- достижение организационно-управленческих целей инновационной деятельности (формирование региональной инновационной системы и системы ее управления);
- достижение социально-экономических целей (выход и укрепление позиций на отечественных и мировом рынках;
- формирование и развитие образовательного, научного, технологического, финансового, информационного и интеллектуального потенциалов инновационного прорыва);
- достижения социальных и культурных целей (повышение жизненного уровня населения) [28].

Обобщая все толкования инновационного развития региона, предположим, что это определенное состояние экономики региона, способное и продвигать инновации, адекватно реагируя на требования конкурентной борьбы.

Инновационное развитие региона — это сбалансированное инновационное состояние региона [29], своего рода инновационное благополучие, проявляющееся в увеличении инновационного потенциала, повышении интенсивности (активности) его использования, увеличении производства инновационной продукции. По нашему мнению, сбалансированное инновационное состояние региона — инновационная состоятельность региона [30–32] — совокупность качеств и количеств, определяющих инновационную деятельность на территории, состояние осуществления экономической деятельности, обеспечивающее возможность (формирование ресурсов, потенциала) и достаточность (оптимальное использование ресурсов и потенциала в соответствие целями и задачами) для региона экономического развития на основе инновационной деятельности. Инновационное развитие предполагает особую направленность целей и путей достижения, особым инновационным механизмом развития [33].

Уточним цели инновационного развития региона: достижение сбалансированного инновационного состояния, т.е. некоего баланса деятельности. Результат инновационной деятельности должен обеспечивать запросы сегодняшние и завтрашние (определение горизонта планирования).

Эссенциальная архитектура показателей инновационного развития региона. Поскольку архитектура показателей оценки должна опираться на точное сущностное определение понятия (а соответственно, цели, задачи, критерии оценки) инновационного процесса, попробуем использовать т.н. «энергетическую концепцию» экономического развития. Попробуем сформировать новую архитектуру показателей оценки инновационного развития региона — сбалансированного развития региона (композиция характеристик и баланс элементов, детерминирующих сбалансированное инновационное развитие региона) (табл. 2). Поскольку энергия является движущей силой любых изменений, следовательно, ее можно считать и движущей силой процессов развития. Особо актуальной в контексте данного исследования остается проблематика экономического развития, все чаще описываемого с помощью энергетических структур [34].

В природе существуют несколько видов энергии: внутренняя, тепловая, ядерная и механическая. Попробуем рассмотреть инновационный процесс с точки зрения формирования и использования механической энергии (хотя наверняка могут быть и другие точки зрения). Механическая энергия бывает двух видов: потенциальная (от лат. «потенция» — возможность) и кинетическая (от греч. кинема — движение). Все тела в природе относительно условного нулевого значения обладают либо потенциальной, либо кинетической энергией, а иногда той и другой вместе (вот результат поиска сбалансированного состояния).

Таблица 2. Формирование эссенциальной архитектуры показателей инновационного развития региона
Table 2. Formation of the essential architecture of indicators of innovative development of the region

| Инновационное развитие региона | | | | |
|---|--|--|---|--|
| Цель: достижение сбалансированного инновационного состояния | | | | |
| Задачи: - формирование и развитие инновационного потенциала - активизация инновационной деятельности предприятий региона - повышение эффективности и результативности инновационной деятельности - актуализация поддержки инновационной деятельности в регионе | | | | |
| Критерии | | | | |
| Формирование и развитие инновационного потенциала | | Активная поддержка региональной администрацией инновационного развития | Активизация инновационной активности | |
| 1. Формирование и развитие образовательного потенциала региона | 2. Формирование и развитие научного потенциала региона | | 3. Эффективность инновационной деятельности предприятий и организаций региона | 4. Результативность инновационной деятельности предприятий и организаций региона |
| 5.1. Поддержка образовательных региональных программ, опорных вузов, конкурсы | 5.2. Поддержка ученых и научных учреждений, региональные гранты, конкурсы и премии | 5. Формирование и реализация региональной инновационной политики | 5.3. Региональное финансирование инновационных проектов, активизация и поддержка инновационных проектов | 5.4. Конкурсы и гранты целевого назначения (выпуск инновационной продукции) |

Источник: составлено автором

Представим, что инновационное развитие предполагает накопление энергии — формирование инновационного потенциала (потенциальная энергия) и реализацию активного инновационного процесса (формирование кинетической энергии). Тогда сбалансированное инновационное состояние будет определяться поиском и нахождением искомого баланса между инновационным потенциалом (формированием и укреплением) и активностью инновационной деятельности (оцениваемой по показателям эффективности и результативности). Поскольку оценивается инновационное развитие региона — важно наличие «регулятора» инновационного процесса — региональной администрации (от качества работы которой зависит эффективность инновационного развития региона [35, 36]). Причем показатели оценки результативности инновационной региональной политики необходимо оценивать через призму уже определенных групп показателей. Для достижения определенных целей необходимо обосновывать соответствующие разделы региональной инновационной политики: для формирования и развития образовательного потенциала региона — поддержка образовательных региональных программ, опорных вузов, конкурсы; для формирования и развитие научного потенциала региона — поддержка ученых и научных региональных учреждений, региональные гранты, конкурсы и премии; для высокой эффективности инновационного процесса — региональное финансирование инновационных проектов, активизация и поддержка инновационных проектов; для высокой результативности инновационной деятельности предприятий региона — организация конкурсов, гранты целевого назначения (выпуск инновационной продукции в регионе).

Автор осознает, что наполнение критериями-показателями представленной архитектуры — это будущая самостоятельная творческая работа.

Таким образом, компаративный анализ существующих, предлагаемых и используемых методик оценки инновационного развития региона показал необходимость уточнения сущности оцениваемого, целей, задач инновационного процесса и формирования нового видения архитектуры показателей. Автором уточнено определение «инновационное развитие региона» (как сбалансированного инновационного состояния) и предложена эссенциальная архитектура показателей, предполагающая пять групп показателей на основе использования т.н. энергетической концепции.

Выводы и предложения

1. Проведен компаративный анализ отечественного и зарубежного опыта формирования архитектуры показателей инновационного развития региона и выявлено, что практически все основаны на т.н. процессном подходе, однако отсутствуют показатели эффективности (атрибут организации любого процесса), характер весов групп показателей — заявительный, финансовые показатели рассредоточены по разным группам, нет целеполагания при формировании групп показателей.

2. Рассмотрено содержание понятия «инновационное развитие региона» — все толкования инновационного развития региона предполагают, что это определенное состояние экономики региона, способное продвигать инновации, адекватно реагируя на требования конкурентной борьбы.

3. Предложено определение понятия «инновационное развитие региона» как сбалансированного инновационного состояния, как инновационную состоятельность региона — совокупность качеств и количеств, определяющих инновационную деятельность на территории, состояние осуществления экономической деятельности, обеспечивающее возможность (оптимальное использование ресурсов, потенциала) и достаточность (соответствие целям и задачам) для региона экономического развития на основе инновационной деятельности.

4. Предложена новая эссенциальная архитектура показателей инновационного развития, опирающаяся на т.н. энергетическую концепцию и предполагающую пять групп показателей: формирование и развитие образовательного потенциала региона, формирование и развитие научного потенциала региона, эффективность инновационной деятельности предприятий региона, результативность инновационной деятельности предприятий региона, активная поддержка региональной администрацией инновационного развития.

Направление дальнейших научных исследований — разработка методического обеспечения оценки инновационного развития региона и формирование системы показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Toffler A., Toffler H.** Revolutionary health. New York, 2006. 512 p.
2. **Суховой А.Ф., Голова И.М.** Инновационная составляющая социально-экономического развития региона. Екатеринбург: ИЭ УрРАН. 2019. 214 с.
3. **Asheim B., Grillitsch M., Trippl M.** Regional innovation systems: past – present – future. Shearmu R., Carrincazeaux Ch., Doloreux D. (Eds.). Handbook on the geographies of innovation. Edward Elgar Publishing, pp. 45–62.
4. **Kim W.Ch., Mauborgne R.A.** Blue ocean strategy, expanded edition: How to create uncontested market space and make the competition irrelevant. Boston (MA), Harvard Business Publishing, 2005. 320 p.
5. **Moutinho R., Au-Yong-Oliveira M., et al.** Beyond the "innovation's black-box": Translating R&D outlays into employment and economic growth. Socio-Economic Planning Sciences, 2015, no. 50, pp. 45–58.
6. **Магризаев Б.Д.** Формирование новой модели инновационного роста или «невидимая» логика современного инновационного императива // Вопросы инновационной экономики. 2019. № 9–1. С. 111–136.
7. **Balland P.-A., Boschma R., Frenken K.** Proximity and innovation: From statics to dynamics. Regional Studies, 2015, no. 49–6, pp. 907–920. DOI: 10.1080/00343404.2014.883598

8. **Meuer J., Rupietta C., Backes-Gellner U.** Layers of co-existing innovation systems. *Research Policy*, 2015, no. 44–4, pp. 888–910.
9. **Isaksen A., Tripl M.** Innovation in space: The mosaic of regional innovation patterns. *Oxford Review of Economic Policy*, 2017, no. 33–1, pp. 122–140.
10. **Лутченкова О.Н.** Цели и задачи инновационной стратегии региона, сформированные с учетом типа его инновационного потенциала // *Креативная экономика*. 2016. № 10–2. С. 173–184.
11. **Fagerberg J., Mowery D.C., Nelson R.R., (Eds.)**. The Oxford handbook of innovation. Oxford, 2004. 674 p.
12. **Pino R.M., Ortega A.M.** Regional innovation systems: Systematic literature review and recommendations for future research. *Cogent Business & Management*, 2018, no. 5–1, 1463606. DOI: 10.1080/23311975.2018.1463606
13. **Isaksen A., Martin R., Tripl M.** New avenues for regional innovation systems and policy. Isaksen A., Martin R., Tripl M. (Eds.). *New avenues for regional innovation systems - theoretical advances, empirical cases and policy lessons*. Springer, 2018, pp. 1–19. DOI: doi.org/10.1007/978-3-319-71661-9_1
14. **Иванова М.В.** Методические подходы к оценке инновационной эластичности регионов // *Экономический анализ: теория и практика*. 2012. № 11–34.
15. **Иванова Н.Е.** Теоретические вопросы инновационных процессов и их влияние на развитие экономики российских регионов // *Terra Economicus*. 2011. № 9–1–2. С. 115–120.
16. **Заркович А.В., Стрябкова Е.А.** Методика оценки инновационного развития регионов // *Экономика и предпринимательство*. 2013. № 12–1(41). С. 249–252.
17. **Киселев В.Н.** Сравнительный анализ инновационной активности субъектов Российской Федерации // *Инновации*. 2010. № 4(138). С. 44–55.
18. **Рыкова И.Н.** Индекс инновационного развития регионов России // *Экономика России: XXI век*. 2012. № 25.
19. **Бортник И.М., Сенченя Г.И., и др.** Система оценки и мониторинга инновационного развития регионов России // *Инновации*. 2012. № 9(167). С. 25–38.
20. **Белякова Г.Я., Батукова Л.Р.** Инструменты оценки инновационного развития региона // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2. С. 2190–2193.
21. **Лавриненко А.Р.** Индекс инновационного развития регионов Республики Беларусь: методика построения и стратегический анализ // *Вестник ПГУ. Серия Д. Экономические и юридические науки. Экономика и управление*. 2014. № 5. С. 28–37.
22. **Ерохина Е.В.** Методология анализа и оценка эффективности инновационной деятельности в регионе // *Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки*. 2013. № 4–1. С. 3–17.
23. **Ильина И.Е., Жарова Е.Н., и др.** Инновационное развитие регионов России // *Регионоведение*. 2018. № 2. С. 230–255. DOI: 10.15507/2413-1407.103.026.201802.230-255
24. **Климова Л.А.** Инновационное развитие предприятия. Могилев: Белорусско-российский университет, 2017. 215 с.
25. **Никитская Т.А., Астапенко М.С.** Оценка эффективности управления инновационным развитием регионов // *Управление экономическими системами*. 2015. № 11.
26. **Названова К.В.** Инновационный потенциал как основа инновационного развития экономики на мезоуровне: методика оценки эффективности // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1–1.
27. **Henderson R.** Underinvestment and incompetence as responds to radical innovation – evidence from the photographic alignment equipment industry. *RAND Journal of Economics*, 1993, no. 24–2, pp. 248–270.
28. **Щвец Ю.Ю.** Региональное инновационное развитие: принципы, цели, задачи, функциональные элементы // *Мир новой экономики*. 2015. № 3. С. 42–47.
29. **Сироткина Н.В., Гончаров А.Ю., Воронцова И.Н.** Факторы и условия обеспечения сбалансированного развития региона // *Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление*. 2014. № 4. С. 93–100.
30. **Мерзликина Г.С.** Экономическая состоятельность производственных систем. М.: Высшая школа, 1997. 160 с.
31. **Мерзликина Г.С.** Экономическая состоятельность: оценка и управление // *Вестник АГТУ. Серия Экономика*. 2011. № 1. С. 40–45.
32. **Мыслякова Ю.Г., Кислов Р.С.** Формирование инновационной состоятельности промышленного предприятия // *Креативная экономика*. 2016. № 10–2. С. 123–140.

33. Полякова А.П., Солодков М.В. Инновационное развитие региона: экономическая сущность и принципы // Известия ИГЭА. 2015. № 6–1, 11. DOI: 10.17150/2072-0904.2015.6(1).11
34. Ягельская Е.Ю. Сущность и структура экономической энергии // Проблемы экономики и менеджмента. 2013. № 8(24). С. 98–111.
35. Rodriguez-Pose A., Di Cataldo M. Quality of government and innovative performance in the regions of Europe. *Journal of economic geography*, 2015, no. 15–4, pp. 673–706.
36. Edler J., Fagerberg J. Innovation policy: what, why, and how. *Oxford Review of Economic Policy*, 2017, no. 33–1, pp. 2–23.

REFERENCES

1. A. Toffler, H. Toffler, *Revolutionary health*. New York, 2006. 512 p.
2. A.F. Sukhovoy, I.M. Golova, *Innovatsionnaya sostavlyayushchaya sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya regiona* [An innovative component of the socio-economic development of the region]. Yekaterinburg, IE UrRAN. 2019. 214 p. (rus)
3. B. Asheim, M. Grillitsch, M. Trippl, *Regional innovation systems: past – present – future*. Shearnu R., Carrincazeaux Ch., Doloreux D. (Eds.). *Handbook on the geographies of innovation*. Edward Elgar Publishing, pp. 45–62.
4. W.Ch. Kim, R.A. Mauborgne, *Blue ocean strategy, expanded edition: How to create uncontested market space and make the competition irrelevant*. Boston (MA), Harvard Business Publishing, 2005. 320 p.
5. R. Moutinho, M. Au-Yong-Oliveira, et al., Beyond the "innovation's black-box": Translating R&D outlays into employment and economic growth. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2015, no. 50, pp. 45–58.
6. B.D. Matrizayev, *Formirovaniye novoy modeli innovatsionnogo rosta ili "nevidimaya" logika sovremennogo innovatsionnogo imperativa* [Formation of a new model of innovative growth or the "invisible" logic of the modern innovation imperative]. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki*, 2019, no. 9–1, pp. 111–136. (rus)
7. P.-A. Balland, R. Boschma, K. Frenken, Proximity and innovation: From statics to dynamics. *Regional Studies*, 2015, no. 49–6, pp. 907–920. DOI: 10.1080/00343404.2014.883598
8. J. Meuer, C. Rupiotta, U. Backes-Gellner, Layers of co-existing innovation systems. *Research Policy*, 2015, no. 44–4, pp. 888–910.
9. A. Isaksen, M. Trippl, Innovation in space: The mosaic of regional innovation patterns. *Oxford Review of Economic Policy*, 2017, no. 33–1, pp. 122–140.
10. O.N. Lutchenkova, *Tseli i zadachi innovatsionnoy strategii regiona, sformirovannyye s uchetom tipa yego innovatsionnogo potentsiala* [Goals and objectives of the innovation strategy of the region, formed taking into account the type of its innovative potential]. *Kreativnaya ekonomika*, 2016, no. 10–2, pp. 173–184. (rus)
11. J. Fagerberg, D.C. Mowery, R.R. Nelson, (Eds.), *The Oxford handbook of innovation*. Oxford, 2004. 674 p.
12. R.M. Pino, A.M. Ortega, Regional innovation systems: Systematic literature review and recommendations for future research. *Cogent Business & Management*, 2018, no. 5–1, 1463606. DOI: 10.1080/23311975.2018.1463606
13. A. Isaksen, R. Martin, M. Trippl, *New avenues for regional innovation systems and policy*. Isaksen A., Martin R., Trippl M. (Eds.). *New avenues for regional innovation systems - theoretical advances, empirical cases and policy lessons*. Springer, 2018, pp. 1–19. DOI: doi.org/10.1007/978-3-319-71661-9_1
14. M.V. Ivanova, *Metodicheskiye podkhody k otsenke innovatsionnoy elastichnosti regionov* [Methodological approaches to assessing the innovative elasticity of regions]. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika*, 2012, no. 11–34. (rus)
15. N.E. Ivanova, *Teoreticheskiye voprosy innovatsionnykh protsessov i ikh vliyaniye na razvitiye ekonomiki rossiyskikh regionov* [Theoretical issues of innovation processes and their impact on the development of the economy of Russian regions]. *Terra Economicus*, 2011, no. 9–1–2, pp. 115–120. (rus)
16. A.V. Zarkovich, E.A. Stryabkova, *Metodika otsenki innovatsionnogo razvitiya regionov* [Methodology for assessing the innovative development of regions]. *Ekonomika i predprinimatelstvo*, 2013, no. 12–1(41), pp. 249–252. (rus)

17. **V.N. Kiselev**, Srovnitelnyy analiz innovatsionnoy aktivnosti subyektov Rossiyskoy Federatsii [Comparative analysis of the innovation activity of the constituent entities of the Russian Federation]. Innovations, 2010, no. 4(138), pp. 44–55. (rus)
18. **I.N. Rykova**, Indeks innovatsionnogo razvitiya regionov Rossii [Index of innovative development of Russian regions]. Ekonomika Rossii: XXI vek, 2012, no. 25. (rus)
19. **I.M. Bortnik, G.I. Senchenya, et al.**, Sistema otsenki i monitoringa innovatsionnogo razvitiya regionov Rossii [System for assessing and monitoring the innovative development of Russian regions]. Innovations, 2012, no. 9(167), pp. 25–38. (rus)
20. **G.Ya. Belyakova, L.R. Batukova**, Instrumenty otsenki innovatsionnogo razvitiya regiona [Tools for assessing the innovative development of the region]. Fundamentalnye issledovaniya, 2015, no. 2, pp. 2190–2193. (rus)
21. **A.R. Lavrinenko**, Indeks innovatsionnogo razvitiya regionov Respubliki Belarus: metodika postroyeniya i strategicheskiiy analiz [Index of innovative development of the regions of the Republic of Belarus: construction methodology and strategic analysis]. Vestnik PGU. Seriya D. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki. Ekonomika i upravlenie, 2014, no. 5, pp. 28–37. (rus)
22. **E.V. Erokhina**, Metodologiya analiza i otsenka effektivnosti innovatsionnoy deyatel'nosti v regione [Methodology of analysis and assessment of the effectiveness of innovation in the region]. Izvestiya TulGU. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki, 2013, no. 4–1, pp. 3–17. (rus)
23. **I.E. Ilina, E.N. Zharova, et al.**, Innovative development of the regions of Russia. Regionology, 2018, no. 2, pp. 230–255. (rus). DOI: 10.15507/2413-1407.103.026.201802.230-255
24. **L.A. Klimova**, Innovatsionnoye razvitiye predpriyatiya [Innovative development of the enterprise]. Mogilev, Belarusian-Russian University, 2017. 215 p. (rus)
25. **E.F. Nikitskaja, M.S. Astapenko**, Assessment of effective management of innovative development of regions. Upravlenie ekonomicheskimi sistemami, 2015, no. 11. (rus)
26. **K.V. Nazvanova**, Innovatsionnyy potentsial kak osnova innovatsionnogo razvitiya ekonomiki na mezourovne: metodika otsenki effektivnosti [Innovation potential as the basis for innovative development of the economy at the meso-level: a method for assessing efficiency]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya, 2015, no. 1–1.
27. **R. Henderson**, Underinvestment and incompetence as responds to radical innovation – evidence from the photographic alignment equipment industry. RAND Journal of Economics, 1993, no. 24–2, pp. 248–270.
28. **Y.Y. Shvets**, Regional innovation development: principles, goals, objectives, functional elements. The world of new economy, 2015, no. 3, pp. 42–47. (rus)
29. **N.V. Sirotkina, A.Yu. Goncharov, I.N. Vorontsova**, Faktory i usloviya obespecheniya sbalansirovannogo razvitiya regiona [Factors and conditions for ensuring balanced development of the region]. Vestnik VGU. Seriya Ekonomika i upravlenie, 2014, no. 4, pp. 93–100. (rus)
30. **G.S. Merzlikina**, Ekonomicheskaya sostoyatel'nost proizvodstvennykh system [Economic consistency of production systems]. Moscow, Vysshaya shkola, 1997. 160 p. (rus)
31. **G.S. Merzlikina**, Ekonomicheskaya sostoyatel'nost: otsenka i upravleniye [Economic viability: assessment and management]. Vestnik AGTU. Seriya Ekonomika, 2011, no. 1, pp. 40–45. (rus)
32. **Yu.G. Myslyakova, R.S. Kislov**, Formirovaniye innovatsionnoy sostoyatel'nosti promyshlennogo predpriyatiya [Formation of innovative consistency of an industrial enterprise]. Kreativnaya ekonomika, 2016, no. 10–2, pp. 123–140. (rus)
33. **A.P. Polyakova, M.V. Solodkov**, Innovative development of the region: economic essence and principles. Izvestiya of Irkutsk State Economics Academy, 2015, no. 6–1, 11. (rus). DOI: 10.17150/2072-0904.2015.6(1).11
34. **E.Yu. Yagelskaya**, Sushchnost i struktura ekonomicheskoy energii [The essence and structure of economic energy]. Problemy ekonomiki i menedzhmenta, 2013, no. 8(24), pp. 98–111. (rus)
35. **A. Rodriguez-Pose, M. Di Cataldo**, Quality of government and innovative performance in the regions of Europe. Journal of economic geography, 2015, no. 15–4, pp. 673–706.
36. **J. Edler, J. Fagerberg**, Innovation policy: what, why, and how. Oxford Review of Economic Policy, 2017, no. 33–1, pp. 2–23.

Статья поступила в редакцию 11.08.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / THE AUTHOR

МЕРЗЛИКИНА Галина Степанона

E-mail: merzlikina@vstu.ru

MERZLIKINA Galina S.

E-mail: merzlikina@vstu.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13505
УДК 621.319.23

ЭТАПЫ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ИННОВАЦИОННО-АКТИВНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КЛАСТЕРА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Бабкин А.В.^{1,2}, Ташенова Л.В.^{1,3}

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация;

² Институт экономических проблем имени Г.П. Лузина ФИЦ КНЦ РАН,
Апатиты, Российская Федерация;

³ Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова,
Караганда, Казахстан

Становление и развитие глобального информационно-экономического общества, цифровой экономики и экономики арктической зоны предъявляют новые требования к возможностям и конкурентоспособности государств, регионов, организационно-экономических систем, кластеров и отдельных организаций (предприятий). Повышение их эффективности функционирования и развития связано с формированием интегрированных структур — кластеров. В условиях современного экономического развития вопросам цифровизации кластеров отводится особое внимание, так как развитие телекоммуникационных технологий и их широкое распространение, появление и использование разнообразных облачных технологий и цифровых платформ, активное и практически повсеместное применение предприятиями технологий промышленного интернета вещей, больших данных, искусственного интеллекта обеспечило появление глобальных промышленных сетей, выходящих за пределы обычного понимания «промышленного предприятия» и «кластера». В настоящее время формируются и развиваются инновационно-активные промышленные кластеры, способные создавать, внедрять и коммерциализировать инновационные продукты, использовать все преимущества промышленной цифровизации, с связи с чем изучение цифрового потенциала кластеров и предприятий в промышленности приобретает особую актуальность. Анализ научной литературы показал, что исследованию понятия «цифровой потенциал кластера» отводится недостаточное внимание. На основе выполненного анализа литературы и проведенных исследований авторами сформулировано понятие и уточнена сущность цифрового потенциала кластера. Обоснована структура цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера в виде шести структурных компонентов (субпотенциалов): материально-технический, финансово-экономический, научный, организационно-управленческий, кадровый, информационно-телекоммуникационный. Применительно к структуре цифрового потенциала кластера арктического региона выделен дополнительный субпотенциал «инфраструктурный» и показатели данного субпотенциала, отражающие специфику арктического региона. Показано, что оценка цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера включает три базовых этапа: обоснование параметров (подготовительный), оценка цифрового потенциала (исследовательский), анализ результатов (заключительный). Представленные базовые этапы, в свою очередь, подразделяются на 15 частных этапов, для каждого из которых выделены показатели для оценки цифрового потенциала кластера. Заключительным этапом является разработка предложений по повышению уровня цифрового потенциала кластера и, соответственно, уровня его цифровой активности.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровой потенциал, промышленные предприятия, кластеры, инновационно-активные кластеры, этапы оценки, Арктическая зона

Ссылка при цитировании: Бабкин А.В., Ташенова Л.В. Этапы оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера Арктической зоны России // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 65–81. DOI: 10.18721/JE.13505

Эта статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

EVALUATION STAGES OF DIGITAL POTENTIAL OF AN INNOVATION-ACTIVE INDUSTRIAL CLUSTER OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

A.V. Babkin^{1,2}, L.V. Tashenova^{1,3}

¹ Peter the Great St.Peterburg Polytechnic University,
St.Peterburg, Russian Federation;

² G.P. Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science of the RAS,
Apatity, Russian Federation;

³ Academician E.A. Buketov Karaganda University,
Karaganda, Kazakhstan

Formation and development of global information and economic society, digital economy and economy of the Arctic zone pose new requirements to opportunities and competitiveness of states, regions, organizational and economic systems, clusters and individual organizations (enterprises). Increase in their efficiency of functioning and development is connected with formation of such integrated structures as clusters. In the conditions of modern economic development, special attention is paid to issues of clusters digitalization as development of telecommunication technologies and their wide circulation, emergence and use of various cloud computing and digital platforms, enterprises actively and almost universally applying technologies of the industrial Internet of things, big data, artificial intelligence provided emergence of the global industrial networks which are going beyond the usual understanding of "industrial enterprise" and "cluster". Nowadays, there are innovation-active industrial clusters formed and developed capable to create, introduce and commercialize innovative products, use all advantages of industrial digitalization. Therefore, studying digital potential of clusters and enterprises in the industry acquires special relevance. The analysis of scientific literature showed that insufficient attention is paid to the research of the concept of "digital potential of a cluster". On the basis of the literature analysis and the conducted researches, the authors formulated the concept and specified the essence of digital potential of a cluster.

The structure of digital potential of an innovation-active industrial cluster in the form of six structural components (subpotentials) is proved: material and technical; financial and economic; scientific; organizational and administrative; personnel; information and telecommunication. In relation to the structure of digital potential of the Arctic region cluster, the authors identified additional subpotential "infrastructural" and the indicators of this subpotential reflecting the specifics of the Arctic region.

It is shown that assessment of digital potential of an innovation-active industrial cluster includes 3 main stages: substantiation of parameters (preparatory), assessment of digital potential (research), analysis of results (final). The presented generalized stages in turn are subdivided into 15 individual stages, for each of which there are indicators for assessment of digital potential of the cluster allocated. The final stage is the development of proposals to increase the level of digital potential of the cluster and, respectively, the level of its digital activity.

Keywords: digital economy, digital potential, industrial enterprises, clusters, innovation-active clusters, evaluation stages, Arctic zone

Citation: A.V. Babkin, L.V. Tashenova, Evaluation stages of digital potential of an innovation-active industrial cluster of the Arctic zone of Russia, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 65–81. DOI: 10.18721/JE.13505

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

Становление и развитие глобального информационно-экономического общества, цифровой экономики и экономики Арктической зоны обуславливает повышение конкуренции среди государств, регионов, организационно-экономических систем. В настоящее время повышение их эффективности функционирования и развития напрямую связывается с формированием кластеров [1]. Начиная с 2000-х гг. кластеры являются наиболее развитой формой развития интегрированных организационно-экономических структур России, в том числе при формировании арктической политики [2]. Зарождением кластерного подхода в 1830–1890 гг. экономическая наука обязана А. Маршаллу, который называл интегрированные структуры «локализованными отраслями» (localized industry) [3]. В 1890–1950 гг. в литературе получило распространение название «промышленные районы» (industrial districts). Наиболее популярный в настоящее время термин «кластер» появился позже. Его утвердил в теории экономических отношений М. Портер: «кластер — это группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга»¹. Данный подход стал одной из ключевых предпосылок изучения кластеров и в целом процесса кластеризации.

В табл. 1 представлены основные определения кластера, обобщенные авторами в ходе проведенного анализа литературы [4–8 и др.].

Таблица 1. Основные подходы к определению дефиниции «кластер»
Table 1. The main approaches to defining "cluster"

| Автор | Определение |
|--|--|
| Т. Андерссон и др. | Определили понятие «кластеризация», под которым понимают процесс совместного расположения фирм и других участников внутри концентрированной географической области; авторами отмечается наличие кооперации вокруг определенной ниши и установление довольно тесных взаимосвязей (а также создание рабочих альянсов) для усиления их коллективной конкурентоспособности [4]. |
| М. Портер | «Кластер — это группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга» ² . |
| Г.Б. Клейнер, Р.Н. Качалов, Н.Б. Нагрудная | Кластеры — группы организаций, связанных отношениями территориальной близости и функциональной зависимости в сфере производства продукции, ее реализации или потребления ресурсов, — в последнее время заняли особую нишу в пространстве объектов экономического анализа и синтеза [5]. |
| А.Н. Рассказова | Кластер — это объединение предприятий, поставщиков оборудования, комплектующих, специализированных производственных и сервисных услуг, научно-исследовательских и образовательных организаций, связанных отношениями территориальной близости и функциональной зависимости в сфере производства и реализации товаров и услуг [6]. |
| Е.Н. Селищев, И.С. Сеницын | «1. Кластер — это географическая концентрация подобных, смежных или дополнительных предприятий с активными каналами для бизнес-транзакций, коммуникаций и диалога, которые разделяют специализированную инфраструктуру, рабочие рынки, услуги и имеют общие возможности или угрозы. 2. Кластер — это отраслевое или территориальное добровольное объединение предпринимательских структур, которые тесно сотрудничают с научными (просветительскими) учреждениями, общественными организациями и органами власти с целью повышения конкурентоспособности собственной продукции и содействия экономическому развитию региона. 3. Кластер — это группа локализованных взаимозависимых компаний, поставщиков оборудования, комплектующих, специализированных услуг и пр., научно-исследовательских и учебных институтов, других организаций, которые дополняют и усиливают конкурентные преимущества друг друга» [7]. |

¹ Porter M.E. Clusters and the new economics of competition. Harvard Business Review, 1998. URL: <https://hbr.org/1998/11/clusters-and-the-new-economics-of-competition> (дата обращения: 05.10.2020)

² Портер М. Конкурентная стратегия. Методика анализа отраслей и конкурентов. М.: Альпина Паблишер, 2015. 453 с.

| | |
|------------------|--|
| Д.С. Березовский | Кластеры — образования из юридически независимых организаций, эффективно решающих производственные, сбытовые и инновационные задачи с целью создания потребительской ценности [8]. |
|------------------|--|

В табл. 2 представлены сущностные характеристики понятия «промышленный кластер» с позиции объединения в составе интегрированной структуры промышленных и других предприятий.

Таблица 2. Систематизация значений экономической категории «промышленный кластер»
Table 2. Systematization of the values of the economic category "industrial cluster"

| Автор | Определение |
|---|--|
| М. Портер | «Промышленным кластером называют группу территориально близких взаимосвязанных предприятий и связанных с ними организаций, функционирующих в определенной отрасли и имеющих схожие предпосылки к деятельности» ³ . |
| О. Жданова | «Промышленный кластер представляет собой группу территориально локализованных предприятий, научно-производственных и финансовых компаний, связанных между собой по технологической цепочке или ориентированных на общий рынок ресурсов или потребителей (сетевая взаимосвязь), имеющих сетевую форму управления, конкурентоспособных на определенном уровне и способных генерировать инновационную составляющую как основу их конкурентоспособности на рынках» [9]. |
| С.А. Булярская | «Промышленный кластер обычно понимается как группа географически соседних взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной области и характеризующихся общей деятельностью» [10]. |
| В.И. Волчихин, В.Г. Пашенко, Н.К. Юрков | «Промышленные кластеры — это объединения малых, средних и крупных предприятий, производящих взаимодополняющую продукцию на определенной территории» [11]. |
| А.В. Бабкин, А.О. Новиков | Кластер рассматривается как обособленная экономическая система, интегрированная структура, которые оказывают существенное влияние как на развитие государственной промышленной политики, так и экономики в целом [12] |
| А.Н. Рассказова | «Промышленный кластер представляет собой группу территориально локализованных предприятий, научно-производственных и финансовых компаний, связанных между собой по технологической цепочке или ориентированных на общий рынок ресурсов или потребителей (сетевая взаимосвязь), имеющих сетевую форму управления, конкурентоспособных на определенном уровне и способных генерировать инновационную составляющую как основу их конкурентоспособности на рынках» [13]. |
| А. Шпиленко | «Промышленный кластер — это некая совокупность промышленных предприятий, которые находятся в кооперационных связях и располагаются в пределах субъекта либо нескольких субъектов Российской Федерации» ⁴ . |
| Словарь бизнес-терминов | «Промышленные кластеры — это локально взаимосвязанные группы малых, средних и крупных предприятий, производящих взаимодополняющую продукцию, а также профильных вузов, НИИ и т.д.» ⁵ . |

Анализ представленных определений в табл. 1 и 2 показывает, что у ряда авторов понятие «кластер» ассоциируется с понятием «промышленный кластер», что, конечно, вносит определенные сложности в понимание сущности двух рассматриваемых экономических категорий.

Будем считать, что «промышленный кластер» есть совокупность хозяйствующих субъектов в промышленности и связанных с ними хозяйствующих субъектов; они ведут совместную работу по разработке и производству промышленной продукции и эффективно решают производственные, сбытовые и инновационные задачи. При этом разработка и производство промышленной продукции является преобладающим видом деятельности кластера [1].

³ Портер М. Конкурентная стратегия. Методика анализа отраслей и конкурентов. М.: Альпина Паблишер, 2015. 453 с.

⁴ Шпиленко А. Промышленный кластер – это «единое окно», где можно субсидировать затраты, а не бегать по министерствам в поисках мер поддержки // Официальный сайт Ассоциации кластеров и технопарков России. URL: <https://goo.gl/zLYRTG> (дата обращения: 01.10.2020)

⁵ Промышленные кластеры // Словарь-бизнес-терминов. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/business/20424> (дата обращения: 01.10.2020)

Разработка инноваций и внедрение сквозных цифровых технологий в деятельность промышленных кластеров обеспечивает им достижение высокого качества продукции, высокий уровень конкурентоспособности, а также дает возможность к переходу на новый уровень организации и эффективного функционирования в условиях цифрового совместного платформенного развития (шеринговая экономика). Соответственно, рассматриваются «инновационные кластеры» и «инновационно-активные промышленные кластеры», т.е. кластеры, использующие в своей деятельности созданные или разработанные самостоятельно инновации (как правило, научно-технологические), активно ведущие совместную работу для достижения ключевых индикаторов деятельности, а также взаимодействующие между собой для разработки, внедрения, коммерциализации инноваций и инновационных продуктов и осуществляющие на этой основе производство инновационной высокотехнологичной продукции [14–17 и др.]. Одним из важнейших фактором успешного развития современных инновационно-активных кластеров является цифровизация/цифровая трансформация бизнес-процессов на основе концепции умных предприятий, формирования цифровых производств с использованием цифровых двойников и цифровых платформ [18–23]⁶.

Соответственно, наряду с понятием инновационного потенциала предприятия и кластера, в настоящее время стало появляться и понятие цифрового потенциала предприятия. Например, авторы [24] рассматривают сущность подхода для оценки цифрового потенциала промышленных предприятий. Однако вопрос исследования факторов кластеризации в промышленности, оценки цифрового потенциала промышленных и инновационно-активных кластеров в настоящее время недостаточно изучен, что обуславливает актуальность темы исследования.

В соответствии с изложенным, целью исследования является обоснование понятия «цифровой потенциал кластера», разработка его структуры и этапов оценки цифрового потенциала, включая особенности кластеров Арктической зоны России как наиболее перспективных с точки зрения социально-экономического развития.

Объектом исследования выступают инновационно-активные промышленные кластеры, предметом исследования — инструментарий и этапы оценки цифрового потенциала инновационно-активного кластера Арктической зоны России. При этом структуру и этапы оценки цифрового потенциала авторы рассматривают в базовом универсальном варианте (который может быть использован применительно к различным кластерам с точки зрения функции и территориального расположения), а также с дополнениями с учетом особенностей Арктической зоны России.

В базовом варианте *под цифровым потенциалом кластера* будем понимать совокупность различных субпотенциалов (материально-технического, научного, организационно-управленческого, финансово-экономического, кадрового и информационно-телекоммуникационного), которые должны отражать два аспекта деятельности кластера: реализацию его возможностей и его способность преобразовывать имеющиеся ресурсы в результаты хозяйственной деятельности. Для инновационно-активного кластера Арктической зоны России авторами обосновано наличие специального инфраструктурного субпотенциала, отражающего особенности северных территорий.

Соответственно, для анализа цифровой активности или, в терминологии некоторых авторов, цифровой зрелости кластера, необходимо решение задачи определения уровня цифрового потенциала кластера. С этой целью будем рассматривать предложенные авторами по результатам исследования универсальные этапы и инструментарий оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера (ИАПК) в целом и ИАПК Арктической зоны России, в частности.

⁶ См. также: Chacko L. As we enter the era of the ecosystem economy, are we prepared for the risks? Brinknews, June 11, 2019. URL: <https://www.brinknews.com/as-we-enter-the-era-of-the-ecosystem-economy-are-we-prepared-for-the-risks/>; Pickard S. Accelerating adoption of digital transformation for federal customers with AppDynamics FedRAMP. AppDynamics, July 12, 2019. URL: <https://www.appdynamics.com/blog/news/fedramp-environment-saas/>; Digital era technology operating models. Deloitte, 2017. URL: <https://www2.deloitte.com/za/en/pages/energy-and-resources/articles/digital-era-technology-operating-models.html> (дата обращения: 01.10.2020)

Методы исследования

Исследование основано на вторичных данных (нормативные документы, официальная статистика, государственные программы и иные программные документы, исследования других авторов). Методы, использованные на разных этапах осуществления исследования, включают классификации, сравнительный библиографический анализ, сопоставление данных отечественных и зарубежных исследований, сопоставление теоретических моделей и полученных из разных источников результатов анализа первичных данных.

Использованы данные Министерства промышленности и торговли РФ, Ассоциации кластеров и технопарков РФ, Ассоциация индустриальных парков РФ.

В части исследования по отраслям и технологиям применялся анализ структуры рынка, сопоставление динамики показателей развития процессов цифровизации, прогнозы развития территорий.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим этапы оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера в базовом универсальном варианте, затем выделим особенности кластеров Арктической зоны.

Для оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера авторы выделяют три базовых этапа:

- 1) обоснование показателей оценки (подготовительный);
- 2) оценка цифрового потенциала (исследовательский);
- 3) анализ результатов (заключительный).

В рамках первого базового этапа «Обоснование показателей оценки» определяются значимые показатели в разрезе субпотенциалов. Второй базовый этап «Оценка цифрового потенциала» является исследовательским, он предполагает непосредственно расчет значений комплексных показателей цифрового потенциала каждого из субпотенциалов и интегрального показателя цифрового потенциала кластера. В ходе третьего базового этапа «Анализ результатов» полученный интегральный показатель соотносится с модернизированной шкалой Харрингтона, определяется уровень цифрового потенциала ИАПК.

Первый базовый этап «Обоснование показателей оценки» включает шесть частных этапов.

1-й этап. Сбор и анализ исходных данных для проведения оценки цифрового потенциала ИАПК. Поиск релевантных показателей на основе изучения научной литературы, отчетности, статистических данных. В качестве информационной базы исследования могут выступать различные финансовые и бухгалтерские отчеты компаний, входящих в ИАПК, отчеты управляющей компании ИАПК, материалы открытой печати (включая базы научных статей РИНЦ, Science Direct и Clarivate Analytics), данные подведомственных организаций, а также сведения, полученные из официальных интернет-ресурсов: например, Федеральной службы государственной статистики, Минэкономразвития, Минпромторга, Российской кластерной обсерватории, Ассоциации кластеров и технопарков России, Центров кластерного развития регионов Арктической зоны, государственных исполнительных органов власти, а также с веб-ресурсов самих промышленных кластеров.

2-й этап. Формирование субпотенциалов. Проведенный анализ и результаты исследований [1, 6, 14, 24–26] позволили выделить следующие основные компоненты цифрового потенциала ИАПК (субпотенциалы): материально-технический, финансово-экономический, научный, организационно-управленческий, кадровый, информационно-телекоммуникационный. Территориальный анализ, исследование структуры промышленности, степень развитости логистической инфраструктуры, уровень доступности сырья и природных ресурсов применительно к Арктической зоне России обусловили необходимость дополнительно выделить инфраструктурный субпотен-

циал. Как показали исследования, применение данного субпотенциала позволит повысить адекватность и точность оценок цифрового потенциала при исследовании кластеров Арктической зоны.

Применение данных субпотенциалов обусловлено использованием для проведения оценки комплексного подхода, представленного совокупностью результатного и ресурсного подходов, что, в свою очередь, обеспечивает адекватность и полноту проводимой оценки. В табл. 3 авторами представлены выделенные субпотенциалы, а также показатели для оценки цифрового потенциала.

Таблица 3. Структурные компоненты цифрового потенциала ИАПК и показатели оценки
Table 3. Structural components of the digital potential of an innovatively active industrial cluster and assessment indicators

| Наименование субпотенциала | Параметры, входящие в субпотенциал |
|----------------------------|---|
| Материально-технический | Стоимость основных средств |
| | Стоимость нематериальных активов |
| | Стоимость собственного капитала |
| | Обеспеченность оборотными средствами |
| | Уровень освоения новой техники |
| | Уровень освоения новой продукции |
| | Фондоотдача объектов интеллектуальной собственности |
| | Фондовооруженность объектов интеллектуальной собственности |
| | Трудоёмкость произведенной кластером инновационной продукции |
| Финансово-экономический | Уровень затрат на приобретение машин и оборудования |
| | Уровень затрат на приобретение технологий |
| | Уровень затрат на технологические инновации |
| | Уровень затрат на приобретение специализированного программного обеспечения в общей структуре затрат кластера |
| | Уровень затрат на связь и Интернет в общей структуре затрат промышленного кластера |
| | Доля полученного бюджетного финансирования, грантов |
| | Доля привлеченных иностранных инвестиций |
| | Стоимость собственных финансовых ресурсов |
| | Уровень рентабельности объектов интеллектуальной собственности |
| | Выручка участников промышленного кластера |
| | Налоговые отчисления участников промышленного кластера |
| | Привлечено частных инвестиций на 1 рубль бюджетных средств |
| | Чистая прибыль всех участников кластера |
| Научный | Количество проданных лицензий |
| | Количество новых технологий, освоенных в текущем году |
| | Количество видов новой продукции за текущий год |
| | Уровень новизны инноваций |
| | Наукоёмкость выпускаемой продукции (величина затрат на науку, приходящаяся на единицу продукции) |
| | Уровень затрат на исследования и разработки |
| | Снижение объема закупок импортных аналогов |
| | Число заключенных договоров поставки инновационной продукции |
| | Уровень конкурентоспособности новой продукции в стране |

| | | |
|--|--|--|
| | Уровень конкурентоспособности новой продукции в мире | |
| | Уровень механизации, автоматизации и роботизации производства | |
| Организационно-управленческий | Количество участников промышленного кластера | |
| | Уровень организационного развития (начальный, средний, высокий) | |
| | Уровень эффективности организационной структуры функционирования промышленного кластера | |
| | Соответствие организационных структур и управленческих систем предприятий промышленного кластера задачам инновационного процесса | |
| | Скорость принятия тактических и стратегических решений | |
| | Наличие системы мотивации инновационной активности персонала | |
| | Уровень использования современных форм организации и управления инновационной деятельностью | |
| | Уровень спроса на новую продукцию | |
| | Количество специализированных подразделений (конструкторского бюро, отдела стратегического развития, маркетингового планирования, коммерциализации и др.) | |
| | Количество специализированных лабораторий, наличие экспериментальной базы | |
| | Рост кооперации между участниками промышленного кластера до 2020 г. за счет использования современных ИКТ | |
| | Кадровый | Количество работников, занятых исследованиями и разработками |
| | | Уровень образования менеджеров высшего и среднего звена |
| Количество работников, имеющих опыт проведения НИОКР | | |
| Количество работников, прошедших дополнительное обучение | | |
| Уровень затрат на дополнительное обучение персонала | | |
| Количество созданных высокопроизводительных рабочих мест | | |
| Число сотрудников, прошедших подготовку в области цифровых технологий за последние 5 лет | | |
| Число сотрудников, использующих в своей деятельности специализированное программное обеспечение и роботизированную технику | | |
| Уровень готовности сотрудников к обучению и переобучению | | |
| Обеспеченность сотрудников персональными компьютерами | | |
| Информационно-телекоммуникационный | Уровень информатизации кластера | |
| | Степень защищенности информации | |
| | Развитость систем телекоммуникаций | |
| | Частота проявления киберпреступлений | |
| | Наличие web-сайта | |
| | Наличие страниц промышленного кластера в социальных сетях Facebook, Instagram, ВКонтакте, LinkedIn и др. | |
| | Внедрена ли технология Big Data | |
| | Внедрена ли технология Blockchain | |
| | Внедрена ли технология IoT | |
| | Необходимость создания взаимодействия всех участников ИАПК: предприятий, научных организаций, университетов, лабораторий, организаций финансового сектора и т.д. при помощи создания специализированной цифровой платформы | |
| | Наличие доступа ко всем государственным услугам, предлагаемым удаленно в сети интернет на специализированных платформах | |
| | Участие в инвестиционных мероприятиях: краудфандинге, граундсвелле, краудсорсинге | |
| | Объем использования цифровых каналов в области поставок | |
| | Использование цифровых инструментов в ERP | |
| | Использование цифровых инструментов в CRM | |

| | |
|-------------------------------|---|
| Инфраструктурный | Уровень развития индустриально-инновационной инфраструктуры |
| | Уровень развития образовательной инфраструктуры |
| | Уровень доступности сырья и природных ресурсов |
| | Уровень развития энергетической инфраструктуры |
| | Уровень развития логистической инфраструктуры |
| | Уровень доступности финансовых ресурсов |
| Источник: составлено авторами | |

3-й этап. Экспертная оценка показателей. На первом этапе в ходе сбора исходных данных выявляется значительное количество параметров и показателей, отражающих различные аспекты деятельности кластера. Часть параметров и показателей является малоинформативными и могут быть исключены для дальнейшего рассмотрения и оценки. Для сокращения числа показателей был использован метод анкетирования по каждому из субпотенциалов по 10-балльной шкале, где 1 — минимальный, 10 — максимальный балл. Для проведения экспертной оценки была разработана анкета и представлена экспертам, которые путем оценивания факторов осуществляли отбор наиболее значимых для оценки цифрового потенциала показателей.

Учитывая недостаточность исследований по изучению цифрового потенциала ИАПК, исследователям и экспертам было выделено время на ознакомление с каждым из параметров и показателей и определение его значимости в рамках каждого из субпотенциалов. Также перед экспертами и авторами работы стояла задача создания в последующем универсального набора факторов, которым могли бы пользоваться при проведении аналогичной оценки ученые и практики в разных регионах страны, в том числе и применительно к кластерам Арктической зоны.

Краткая характеристика проведенного экспертного опроса:

- время проведения: июль-сентябрь 2020 г.;
- число опрошенных экспертов — 40 человек, в том числе специалисты вузов, представители НИИ, консалтинговых компаний, государственных структур, сотрудники и менеджеры предприятий;
- использовалась стандартизированная анкета, где каждому из параметров ставился балл в диапазоне от 1 до 10 с шагом 0,5;
- анкета была представлена как на бумажном носителе («лично в руки»), так и онлайн. Первый способ потребовал проведение ряда дополнительных операций для интерпретации результатов, в частности, создания сетки в MS Excel и Statistica 6.0, табулирования ответов в сетку, расчета средних значений показателей. Второй способ позволил получать уже сведенные готовые результаты.

4-й этап. Табулирование результатов экспертного опроса. Обработка и табулирование полученных результатов экспертизы с помощью прикладной программы MS Excel, а также получение обобщенных результатов из программы Google Forms при онлайн-опросе.

5-й этап. Оценка надежности полученных экспертных оценок. Оценка осуществлялась с использованием коэффициента конкордации Кенделла [27]. Коэффициент позволяет определить степень согласованности мнений экспертов при выставлении оценок. Общая формула расчета коэффициента выглядит следующим образом:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

где m — число экспертов в группе, n — число факторов, S — сумма квадратов разностей рангов.

Если $W < 0,3$, то согласованность мнений экспертов неудовлетворительна, при $0,3 < W < 0,7$ согласованность средняя, а если коэффициент превышает 0,7, то согласованность высокая. Во

внимание можно принимать результат от 0,4. Расчеты производились с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0

Последовательность расчета коэффициента:

1. Заполнение данными базовой страницы программы, где по вертикали вводятся оценки экспертов, по горизонтали — имена экспертов. Далее, используя раздел с непараметрической статистикой (Statistics → Nonparametrics), выбираем вариант анализа Comparing multiple dependent samples (variables) — «Сравнение нескольких зависимых выборок».

На последнем шаге, используя функцию Friedman ANOVA Kendell's concordance, получаем значение искомого коэффициента конкордации, который в нашем случае равен 0,5, что говорит о средней согласованности мнений экспертов.

После табулирования и получения сводных расчетов, а также расчета коэффициента конкордации, проводится ранжирование показателей (факторов) с использованием диапазона: «незначимые», «слабозначимые», «имеющие значимость», «очень значимые». Как уже было изложено выше, далее были определены диапазоны оценок в разрезе каждого из субпотенциалов и общая интегральная. Шаг оценки составил 1,21 и был рассчитан по формуле

$$x = \frac{\max - \min}{n}, \tag{2}$$

где n — число уровней оценки (в нашем случае $n = 4$).

Анализ полученных диапазонов и шагов оценок показал, что установлен довольно большой разброс в оценке параметров финансово-экономического и научного потенциалов. При этом минимальный разброс результатов (нижний уровень средних оценок — 7,93 и 8,0) просматривается в информационно-телекоммуникационном субпотенциале, что говорит о высокой значимости многих параметров оценки, включенных в эти субпотенциалы.

Таблица 4. Значения уровней оценок в разрезе субпотенциалов
Table 4. Values of the assessment levels in the context of subpotentials

| Уровень оценки | Диапазон (шаг оценки — 1,22) |
|--|------------------------------|
| 1 уровень: Незначимые факторы | $4,63 \leq x \leq 5,85$ |
| 2 уровень: Слабозначимые факторы | $5,86 \leq x \leq 7,08$ |
| 3 уровень: Факторы, имеющие значимость (но незначительную) | $7,09 \leq x \leq 8,31$ |
| 4 уровень: Очень значимые факторы | $8,32 \leq x \leq 9,54$ |

6-й этап. Выбор значимых показателей. На этом этапе формируется набор в разрезе субпотенциалов. Можно построить диаграмму, которая покажет, какие показатели из числа включенных в рассматриваемые субпотенциалы высоко оцениваются экспертами и являются значимыми для дальнейшего использования и проведения исследования.

7-й этап. Оценка значимости субпотенциалов. Из представленных ранее на первом этапе 75 показателей для семи субпотенциалов по результатам проведенной экспертизы осталось 32 показателя. Средняя оценка каждого из субпотенциалов представлена в табл. 5.

Из таблицы видно, что наиболее значимыми для оценки цифрового потенциала эксперты считают финансово-экономический, информационно-телекоммуникационный и кадровый потенциалы, так как именно они получили максимальный средний балл по итогам экспертного опроса.

Таблица 5. Экспертная оценка субпотенциалов
Table 5. Expert assessment of subpotentials

| № (ранг) | Наименование субпотенциала | Полученная оценка (на основе экспертного опроса) |
|----------|------------------------------------|--|
| 1 | Финансово-экономический | 9,1 |
| 2 | Информационно-телекоммуникационный | 9,09 |
| 3 | Кадровый | 9,08 |
| 4 | Научный | 8,92 |
| 5 | Инфраструктурный | 8,82 |
| 6 | Материально-технический | 8,81 |
| 7 | Организационно-управленческий | 8,76 |

Второй базовый этап «Оценка цифрового потенциала» также включает шесть этапов.

8-й этап. Определение шкалы и способов расчета. На данном этапе шкала рассматривается только для группы параметров, измеряемых в баллах. 1 — минимальный балл, 5 — максимальный. Используются показатели индивидуальные и сводные, абсолютные и относительные, а также показатели, связанные с наличием или отсутствием рассматриваемой характеристики.

9-й этап. Выбор кластера для оценки. Сбор данных в рамках обозначенных показателей для выделенных субпотенциалов реальных инновационно-активных промышленных кластеров. Источники получения необходимой информации были представлены выше.

10-й этап. Нормирование показателей. Процесс приведения полученных значений к единой системе измерений происходит путем деления фактически полученного значения показателя на эталонное значение. Таким образом могут быть получены относительные величины, не зависящие от единиц измерения.

11-й этап. Определение коэффициентов важности. Считаем, что наиболее подходящим вариантом определения весовых коэффициентов при субпотенциалах на данном шаге является использование формулы Фишберна:

$$C_j = \frac{2(y - j + 1)}{y(y + 1)}, \quad (3)$$

Где y — количество анализируемых субпотенциалов, j — номер (ранг) субпотенциала.

Используя полученную формулу, а также результаты экспертной оценки в табл. 5, позволяющие распределить места субпотенциалов (y) в зависимости от средней экспертной оценки (j), были рассчитаны коэффициенты весомости, представленные в табл. 6.

Таблица 6. Коэффициенты весомости субпотенциалов
Table 6. Subpotential weighting factors

| Наименование субпотенциала | Величина рассчитанного коэффициента весомости |
|------------------------------------|---|
| Финансово-экономический | 0,25 |
| Информационно-телекоммуникационный | 0,21 |
| Кадровый | 0,18 |
| Научный | 0,14 |
| Инфраструктурный | 0,11 |
| Материально-технический | 0,07 |
| Организационно-управленческий | 0,04 |

12-й этап. Расчет комплексных показателей субпотенциалов. Расчет комплексного показателя для каждого из субпотенциалов можно осуществить, используя выражение:

$$G_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \alpha_{ij}}{n_j}, \quad (4)$$

где G_j — комплексный показатель субпотенциала, α_j — относительные значения, формирующие субпотенциал, n_j — число относительных значений, входящих в субпотенциал.

13-й этап. Расчет интегрального показателя цифрового потенциала. Интегральный показатель представляет собой среднее взвешенное значение комплексных показателей по каждой группе субпотенциалов, используемых для оценки. Считаем целесообразным применение трех моделей расчета.

1) С использованием среднего взвешенного арифметического:

$$G = \sum_{j=1}^m G_j * \beta_j, \quad (5)$$

где G_j — интегральный показатель j -ой группы показателей выбранных субпотенциалов, β_j — вес j -ой группы показателей внутри блоков субпотенциалов, m — количество групп / блоков субпотенциалов с показателями.

Формула расчета интегрального показателя цифрового потенциала кластера с учетом выделенных субпотенциалов имеет вид:

$$G_{\text{ЦП_СИАПК}} = G_1\beta_1 + G_2\beta_2 + G_3\beta_3 + G_4\beta_4 + G_5\beta_5 + G_6\beta_6 + G_7\beta_7, \quad (6)$$

где G_1 — финансово-экономический субпотенциал, G_2 — информационно-телекоммуникационный субпотенциал, G_3 — кадровый субпотенциал, G_4 — научный субпотенциал, G_5 — инфраструктурный субпотенциал, G_6 — материально-технический субпотенциал, G_7 — организационно-управленческий субпотенциал.

С учетом рассчитанных для субпотенциалов коэффициентов весомости формула выглядит следующим образом:

$$G_{\text{ЦП_СИАПК}_1} = 0,07G_1 + 0,25G_2 + 0,14G_3 + 0,04G_4 + 0,18G_5 + 0,21G_6 + 0,11G_7. \quad (7)$$

2) С использованием среднего взвешенного геометрического.

В основе расчета интегрального показателя на основе j -ой группы показателей выбранных субпотенциалов используется формула:

$$G_{\text{ЦП_СИАПК}_2} = \sqrt{G_1^{0,07} * G_2^{0,25} * G_3^{0,14} * G_4^{0,04} * G_5^{0,18} * G_6^{0,21} * G_7^{0,11}}. \quad (8)$$

3) С применением среднего взвешенного гармонического.

В основе расчета интегрального показателя j -ой группы лежит формула (5).

$$G_{\text{ЦП_СИАПК}_3} = \frac{1}{\frac{0,07}{G_1} + \frac{0,25}{G_2} + \frac{0,14}{G_3} + \frac{0,04}{G_4} + \frac{0,18}{G_5} + \frac{0,21}{G_6} + \frac{0,11}{G_7}}. \quad (9)$$

Указанные методы расчета позволяют детально проанализировать ресурсную базу промышленного кластера, его инновационные и цифровые возможности, а также перспективы их реализации с учетом цифровизации бизнес-процессов предприятий, входящих в структуру инновационно-активного промышленного кластера.

Важно заметить, что при получении итогового интегрального показателя, который находится на стыке двух уровней, считаем целесообразным отнесение его к более «значимому» уровню, но при условии достаточно высоких значений показателей по информационно-телекоммуникационному, финансово-экономическому и кадровому субпотенциалам.

Третий базовый этап «Анализ результатов». Включает два частных этапа.

14-й этап. Определение уровня цифровой активности. Данный этап осуществляется на основе полученной оценки уровня цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера. Итоговые интегральные оценки предлагается классифицировать, используя шкалу Харрингтона, доработанную непосредственно для объекта исследования — инновационно-активного промышленного кластера (табл. 7).

Таблица 7. Шкала Харрингтона для определения уровня цифрового потенциала ИАПК
Table 7. Harrington scale for determining the level of digital potential of an innovative-active industrial cluster

| № п.п. | Уровень цифрового потенциала системообразующего инновационно-активного промышленного кластера | Числовое значение |
|--------|--|-------------------|
| 1 | Очень высокий. Промышленные кластеры осуществляют активную деятельность по использованию широкого спектра информационно-телекоммуникационных инструментов. Как правило, кластеры такого типа строят свою работу на цифровых управляющих платформах, потому могут быстро реагировать на потребности рынка, создавать инновационную продукцию, осуществлять быстрое взаимодействие между всеми участниками рынка. | 0,81 – 1,0 |
| 2 | Высокий. Кластеры чаще всего ориентируют свою деятельность на реализацию инновационной и цифровых программ развития, в связи с чем их уровень активности в вопросах разработки и использования разнообразных цифровых продуктов достаточно высок. | 0,64 – 0,80 |
| 3 | Выше среднего. Отличаются несистемностью в области использования инструментов сферы ИКТ. Могут придерживаться локальной инновационной программы, но полностью не ориентироваться на достижение целевых индикаторов ввиду ограниченности ресурсов и отсутствия возможностей, которые им могло бы дать повсеместное внедрение цифровых технологий и переход на управляющие цифровые платформы. | 0,37 - 0,63 |
| 4 | Средний. Практически не ориентируются на программы цифрового развития в региональном и государственном масштабе; внедрение средств ИКТ осуществляется точно, не имеет системности; такая деятельность, как правило, не нацелена на формирование и развития цифрового потенциала и использование всех его преимуществ. Важно заметить, что эти кластеры могут просто не иметь ресурсов на цифровизацию своей деятельности. Связь с объектами цифровой инфраструктуры не всегда эффективна. | 0,20 – 0,36 |
| 5 | Низкий / отсутствие потенциала. Практически не занимаются внедрением цифровых технологий ни в производство, ни в управленческую среду, не уделяют должного внимания вопросам цифровизации и цифровой трансформации производства; ориентированы на достижение краткосрочных целей. | 0,0 – 0,19 |

Источник: составлена авторами

15-й этап. Разработка рекомендаций по повышению / поддержанию уровня цифровой активности ИАПК. На данном этапе, с учетом характеристик уровня цифрового потенциала на основе шкалы Харрингтона (табл. 6), представляется возможным разработать план мероприятий (дорожную карту), направленных на повышение уровня цифрового потенциала кластера, либо его сохранение в случае, если ИАПК имеет очень высокий уровень цифрового потенциала.

Заключение

В ходе проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Проведен анализ использования в научной сфере дефиниций «кластер» и «промышленный кластер», сформулировано понятие и объяснена сущность инновационно-активного промышленного кластера.
2. Обосновано понятие «цифровой потенциал кластера» и предложена его структура, которая применительно к инновационно-промышленному кластеру включает шесть базовых субпотенциалов. Особенности кластера Арктической зоны учтены путем введения дополнительного инфраструктурного субпотенциала.
3. Отмечено, что при оценке цифрового потенциала целесообразно его рассматривать в рамках двух ключевых направлений: способностей и возможностей кластера.
4. Предложен инструментарий и этапы оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера, которые являются универсальными и могут использоваться для различных типов кластеров, включая кластеры Арктической зоны России.

В качестве *направлений дальнейших исследований* авторы видят разработку алгоритма и методики оценки цифрового потенциала инновационно-активного промышленного кластера Арктической зоны России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабкин А.В., Ташенова Л.В.** Типология и структура промышленных кластеров: практико-ориентированные подходы // Менеджмент в России и за рубежом. 2019. № 1. С. 36–44.
2. **Кожебаева И.Х., Гутман С.С.** Арктическая политика современной России: этапы, приоритеты и изменения // Кластеризация цифровой экономики: теория и практика. Т. 1. СПб: Политех-ПРЕСС, 2020. С. 430–436. DOI: 10.18720/ИЕР/2020.4/52
3. **Маршалл А.** Принципы экономической науки. Т. 3. М.: Прогресс, 1993. 351 с.
4. **Andersson T., Schwaag-Serger S., Sörvik J., Wise E.** Cluster policies whitebook. IKED, 2004. 267 p.
5. **Клейнер Г.Б., Тамбовцев В.Л., Качалов Р.М.** Предприятие в условиях неопределенности: риски, стратегии, безопасность. М.: Экономика, 2007. 343 с.
6. **Рассказова А.Н.** Промышленный кластер: типовая модель и оценка // Международный научный журнал. 2011. № 1. С. 44–50.
7. **Селищев Е.Н., Сеницын И.С.** Промышленные кластеры как основа инновационного развития экономики Ярославского региона // Ярославский педагогический вестник. 2011. № 4–3. С. 177–180.
8. **Березовский Д.С.** Промышленные кластеры: определение, сущность и особенности формирования // Вестник МГУП имени Ивана Федорова. 2012. № 2. С. 20–32.
9. **Жданова О.** Кластер как современная форма управления промышленными предприятиями // Вестник Института экономики РАН. 2008. № 4. С. 264–271.
10. **Булярская С.А., Сеницын А.О.** Управление промышленным экономическим кластером // Вестник Дагестанского государственного университета. 2011. № 5. С. 36–40.
11. **Волчихин В.И., Пашенко В.Г., Юрков Н.К.** Промышленные кластеры и инновации (аналитический обзор) // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». Т. 2. Пенза, 2006. С. 3–5.
12. **Бабкин А.В., Новиков А.О.** Кластер как субъект экономики: сущность, современное состояние, развитие // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2016. № 1. С. 9–29.
13. **Рассказова А.Н.** Кластер как современная форма управления промышленными предприятиями // Актуальные вопросы экономических наук. 2010. № 15–2. С. 204–209.
14. **Ташенова Л.В., Бабкин А.В.** Особенности развития и характеристика инновационно-активных промышленных кластеров в экономике // Россия: тенденции и перспективы развития. 2017. № 13–1. С. 398–403.

15. **Далинчук Н.С.** Теория создания кластеров в промышленности: дисс. канд. экон. наук. Курск, 2010. 202 с.
16. **Никулина О.В.** Модель формирования кластерной архитектуры инновационного развития экономики Краснодарского края // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 39. С. 28–42.
17. **Дубровская Ю.В.** Исследование кластерно-сетевых структур в инновационном развитии экономики региона (на примере Пермского края) // Формирование новой экономики и кластерные инициативы: теория и практика / Под ред. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. С. 371–392.
18. **Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В.** Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. № 6. С. 22–36. DOI: 10.18721/JE.11602
19. **Афонина В.Е.** Методологические аспекты анализа понятия «цифровая экономика» // Финансовая экономика. 2018. № 7. С. 2275–2278.
20. **Баранов Д.Н.** Сущность и содержание категории «цифровая экономика» // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. 2018. № 2. С. 15–23. DOI: 10.21777/2587-554X-2018-2-15-23
21. **Bharadwaj A.S., Pavlou P., El Sawy O.A., Venkatraman N.** Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 2013, no. 37–2, pp. 471–482.
22. **Chanias S., Myers M.D., Hess T.** Digital transformation strategy making in pre-digital organizations: The case of a financial services provider. *Journal of Strategic Information Systems*, 2019, no. 28–1, pp. 17–33. DOI: 10.1016/j.jsis.2018.11.003
23. **Hrustek L., Tomičić Furjan M., Pihir I.** Influence of digital transformation drivers on business model creation. 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2019, pp. 1304–1308. DOI: 10.23919/MIPRO.2019.8756666
24. **Козлов А.В., Тесля А.Б.** Цифровой потенциал промышленных предприятий: Сущность, определение и методы расчета // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. № 25–6. С. 101–110. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-6-101-110
25. **Алиева Т.Е., Березиков С.А., Иванова Л.В.** Методологические основы ускорения инновационного развития промышленности российской Арктики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2019. № 4. С. 94–104. DOI: 10.25702/KSC.2220-802X-4-2019-66-94-104
26. **Жаров В.С.** Оценка инновационной активности промышленного производства в Арктических регионах России // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2019. № 2. С. 116–123. DOI: 10.25702/KSC.2220-802X.2.2019.64.116-123
27. **Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г.** Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1974. 159 с.

REFERENCES

1. **A.V. Babkin, L.V. Tashenova,** Tipologiya i struktura promyshlennykh klasterov: praktiko-oriyentirovannyye podkhody [Typology and structure of industrial clusters: Practice-oriented approaches]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, 2019, no. 1, pp. 36–44. (rus)
2. **I.H. Kozhebaeva, S.S. Gutman,** Arctic policy of modern Russia: Stages, priorities and changes. *Klasterizatsiya tsifrovoy ekonomiki: teoriya i praktika* [Clustering the digital economy: Theory and practice]. Vol. 1. St. Petersburg, Politekh-PRESS, 2020, pp. 430–436. (rus). DOI: 10.18720/IEP/2020.4/52
3. **A. Marshall,** Printsipy ekonomicheskoy nauki [Principles of Economics]. Moscow, Progress, 1993. 351 p. (rus)
4. **T. Andersson, S. Schwaag-Serger, J. Sörvik, E. Wise,** Cluster policies whitebook. IKED, 2004. 267 p.
5. **G.B. Kleynner, V.L. Tambovtsev, R.M. Kachalov,** Predpriyatiye v usloviyakh neopredelennosti: riski, strategii, bezopasnost [An enterprise in conditions of uncertainty: Risks, strategies, safety]. Moscow, Ekonomika, 2007. 343 p. (rus)
6. **A.N. Rasskazova,** Promyshlennyy klaster: tipovaya model i otsenka [Industrial cluster: Standard model and assessment]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*, 2011, no. 1, pp. 44–50. (rus)

7. **E.N. Selishchev, I.S. Sinitsyn**, Promyshlennyye klastery kak osnova innovatsionnogo razvitiya ekonomiki Yaroslavskogo regiona [Industrial clusters as the basis for innovative development of the economy of the Yaroslavl region]. *Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik*, 2011, no. 4–3, pp. 177–180. (rus)
8. **D.S. Berezovskiy**, Promyshlennyye klastery: opredeleniye, sushchnost i osobennosti formirovaniya [Industrial clusters: Definition, essence and features of formation]. *Vestnik MGUP imeni Ivana Fedorova*, 2012, no. 2, pp. 20–32. (rus)
9. **O. Zhdanova**, Klaster kak sovremennaya forma upravleniya promyshlennymi predpriyatiyami [Cluster as a modern form of industrial enterprise management]. *Vestnik Instituta ekonomiki RAN*, 2008, no. 4, pp. 264–271. (rus)
10. **S.A. Bulyarskaya, A.O. Sinitsyn**, Upravleniye promyshlennym ekonomicheskim klasterom [Industrial economic cluster management]. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no. 5, pp. 36–40. (rus)
11. **V.I. Volchikhin, V.G. Pashchenko, N.K. Yurkov**, Promyshlennyye klastery i innovatsii (analiticheskiy obzor) [Industrial clusters and innovations (analytical review)]. *Proceedings of the International Symposium "Nadezhnost i kachestvo" ["Reliability and Quality"]*. Vol. 2. Penza, 2006, pp. 3–5. (rus)
12. **A.V. Babkin, A.O. Novikov**, Cluster as a subject of economy: essence, current state, development. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2016, no. 1, pp. 9–29. (rus). DOI: 10.5862/JE.235.1
13. **A.N. Rasskazova**, Klaster kak sovremennaya forma upravleniya promyshlennymi predpriyatiyami [Cluster as a modern form of industrial enterprise management]. *Aktualnye voprosy ekonomicheskikh nauk*, 2010, no. 15–2, pp. 204–209. (rus)
14. **L.V. Tashenova, A.V. Babkin**, Osobennosti razvitiya i kharakteristika innovatsionno-aktivnykh promyshlennykh klasterov v ekonomike [Features of development and characteristics of innovative-active industrial clusters in the economy]. *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya*, 2017, no. 13–1, pp. 398–403. (rus)
15. **N.S. Dalinchuk**, Teoriya sozdaniya klasterov v promyshlennosti [Industrial clustering theory]. PhD. *Kursk*, 2010. 202 p. (rus)
16. **O.V. Nikulina**, Model formirovaniya klasternoy arkhitektury innovatsionnogo razvitiya ekonomiki Krasnodarskogo kraya [Model of the formation of the cluster architecture of the innovative development of the economy of the Krasnodar region]. *Regionalnaya ekonomika: Teoriya i praktika*, 2014, no. 39, pp. 28–42. (rus)
17. **Yu.V. Dubrovskaya**, Issledovaniye klasterno-setevykh struktur v innovatsionnom razvitii ekonomiki regiona (na primere Permskogo kraya) [Research of cluster-network structures in the innovative development of the regional economy (on the example of the Perm region)]. Babkin A.V. (Ed.). *Formirovaniye novoy ekonomiki i klasternyye initsiativy: teoriya i praktika* [Formation of a new economy and cluster initiatives: Theory and practice]. St. Petersburg, Politekhnikheskiy universitet, 2016, pp. 371–392. (rus)
18. **I.Z. Geliskhanov, T.N. Yudina, A.V. Babkin**, Digital platforms in economics: essence, models, development trends. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2018, no. 6, pp. 22–36. (rus). DOI: 10.18721/JE.11602
19. **V.E. Afonina**, Metodologicheskiye aspekty analiza ponyatiya "tsifrovaya ekonomika" [Methodological aspects of the analysis of the concept of "digital economy"]. *Finansovaya ekonomika*, 2018, no. 7, pp. 2275–2278. (rus)
20. **D.N. Baranov**, The essence and content for "the digital economy". *Vestnik Moskovskogo universiteta imeni S.Yu. Vitte*, 2018, no. 2, pp. 15–23. (rus). DOI: 10.21777/2587-554X-2018-2-15-23
21. **A.S. Bharadwaj, P. Pavlou, O.A. El Sawy, N. Venkatraman**, Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 2013, no. 37–2, pp. 471–482.
22. **S. Chanias, M.D. Myers, T. Hess**, Digital transformation strategy making in pre-digital organizations: The case of a financial services provider. *Journal of Strategic Information Systems*, 2019, no. 28–1, pp. 17–33. DOI: 10.1016/j.jsis.2018.11.003
23. **L. Hrustek, M. Tomičić Furjan, I. Pihir**, Influence of digital transformation drivers on business model creation. 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2019, pp. 1304–1308. DOI: 10.23919/MIPRO.2019.8756666
24. **A. Kozlov, A. Teslya**, Digital potential of industrial enterprises: Essence, determination and calculation methods. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, no. 25–6, pp. 101–110. (rus). DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-6-101-110

25. **T.E. Aliyeva, S.A. Berezikov, L.V. Ivanova**, Methodological base of accelerating innovative industrial development of the Russian Arctic. The North and the Market: Forming the Economic Order, 2019, no. 4, pp. 94–104. (rus). DOI: 10.25702/KSC.2220-802X-4-2019-66-94-104

26. **V.S. Zharov**, Estimation of innovative activities of industrial production in the Russian Arctic. The North and the Market: Forming the Economic Order, 2019, no. 2, pp. 116–123. (rus). DOI: 10.25702/KSC.2220-802X.2.2019.64.116-123

27. **S.D. Beshelev, F.G. Gurvich**, Matematiko-statisticheskiye metody ekspertnykh otsenok [Mathematical and statistical methods of expert assessments]. Moscow, Statistika, 1974. 159 p. (rus)

Статья поступила в редакцию 19.09.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

БАБКИН Александр Васильевич

E-mail: al-vas@mail.ru

BAVKIN Aleksandr V.

E-mail: al-vas@mail.ru

ТАШЕНОВА Лариса Владимировна

E-mail: larisatash_88@mail.ru

TASHENOVA Larisa V.

E-mail: larisatash_88@mail.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13506
УДК 338.1

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Данилов А.А., Силкина Г.Ю.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Системные экономические кризисы конца XX – начала XXI в. обуславливают актуальность пересмотра прежних приоритетов управления промышленными предприятиями, определения новых возможностей для их функционирования и развития. Глобальные изменения условий хозяйствования сигнализируют о необходимости последовательных корректировок производственной деятельности российских предприятий, в частности, промышленных, смещают их целеполагание от оптимизации результатов текущей деятельности к поиску и формированию долгосрочных стратегий. В статье обосновано, что теоретическим фундаментом трансформации подходов к управлению может стать концепция устойчивого развития, спроецированная на уровень предприятия. Устойчивое развитие промышленного предприятия интерпретировано как внутренние изменения, направленные на его адаптацию к динамике состояния среды функционирования, качественное изменение в структуре, рост количественных показателей деятельности. На основе этой концепции адаптированы основные принципы функционирования промышленного предприятия: системность, целеполагание, адаптивность, непрерывность, дифференциация, целостность, обратная связь, иерархичность, раскрыто их содержание. Изменяющиеся условия хозяйствования промышленных предприятий предполагает поиск новых инструментов обеспечения устойчивого развития — сбалансированного набора мероприятий, в котором использование ресурсов, осуществление инвестиций направлены на достижение стратегических целей. Результатом исследования выступают предложенная схема устойчивого развития промышленного предприятия и система его инвестиционного обеспечения. Исследование принципов и элементов системы устойчивого развития промышленных предприятий показывает, что в текущих экономических реалиях важно ориентировать управленческие мероприятия на устойчивый экономический рост. Также стала очевидна проблема измерения устойчивости развития промышленных комплексов и предприятий, что формирует необходимость методических разработок в этой области. Целевыми результатами инвестиционного обеспечения устойчивого развития промышленного предприятия может быть: системное повышение конкурентных преимуществ выпускаемой продукции, расширение номенклатуры выпускаемой продукции, как минимум, адекватно запросам рынка с ориентиром на предвосхищение спроса, и формирование новых рыночных трендов, обновление технологической базы предприятия, ориентированной на снижение операционных затрат на производство и доведения продукции до потребителя.

Ключевые слова: промышленное предприятие, экономическая устойчивость, устойчивое развитие, принципы развития, инвестиционное обеспечение

Ссылка при цитировании: Данилов А.А., Силкина Г.Ю. Принципы функционирования промышленного предприятия в условиях устойчивого развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 82–94. DOI: 10.18721/JE.13506

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PRINCIPLES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES FUNCTIONING UNDER CONDITIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

A.A. Danilov, G.Yu. Silkina

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

The systemic economic crises of the late 20th and early 21st centuries determine the relevance of revising the previous priorities for managing industrial enterprises, identifying new opportunities for their functioning and development. Global changes in the business environment warn about the need for consistent adjustments in the production activities of Russian enterprises, the industrial ones in particular, and shift their goal-setting from optimizing the results of current activities to searching for and forming long-term strategies. The article substantiates that the concept of sustainable development, projected at the enterprise level, can become a theoretical foundation for the transformation of approaches to management. Sustainable development of an industrial enterprise is interpreted as internal changes aimed at its adaptation to the dynamics of the state of the functioning environment, qualitative changes in the structure, and growth in the quantitative performance indicators. On the basis of this concept, the basic principles of the functioning of an industrial enterprise are adapted: consistency, goal-setting, adaptability, continuity, differentiation, integrity, feedback, hierarchy, their content is disclosed. Changing business environment for industrial enterprises implies the search for new instruments for ensuring sustainable development, a balanced set of measures in which the use of resources and investments are aimed at achieving strategic goals. The result of the research is the proposed scheme of sustainable development of an industrial enterprise and the system of its investment support. The study of the principles and system elements of sustainable development of industrial enterprises shows that in the current economic realities, it is important to aim management activities at sustainable economic growth. The problem of measuring the sustainability of the development of industrial complexes and enterprises also became obvious, which creates the need for methodological developments in this area. The target results of investment support for the sustainable development of an industrial enterprise could be: a systemic increase in the competitive advantages of the products and their wider range, at least corresponding to the market demand with a focus on anticipating it, and introduction of new market trends, technological updates of the enterprise focused on reducing operating costs for production and delivery of the products to the consumer.

Keywords: industrial enterprise, economic sustainability, sustainable development, development principles, investment support

Citation: A.A. Danilov, G.Yu. Silkina, Principles of industrial enterprises functioning under conditions of sustainable development, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 82–94. DOI: 10.18721/JE.13506

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

Концепция устойчивого развития в последние годы стала одним из базовых методологических подходов к изучению глобальных экономических закономерностей, логическим результатом интеграции естественных и общественных наук. Проведение в 1972 г. в Стокгольме Конференции ООН по окружающей среде и разработка Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) означало включение международного сообщества в решение экологических проблем, которые стали сдерживать социально-экономическое развитие стран. На конференции были приняты программное заявление участников (декларация из 26 принципов) и план действий с рекомендациями о создании Программы ООН по окружающей среде. В 1980 г. концепция устойчивого развития получила развитие во Всемирной стратегии сохранения природы, разработанной по инициативе комитета ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Международного союза охраны природы (МСОП) и Всемирного фонда дикой природы.

Первое представление об устойчивом развитии как научном понятии было предложено Г.Х. Брундтландом на Международной комиссии по окружающей среде и развитию в 1987 г. в Ри-

о-де-Жанейро: «Устойчивое развитие — удовлетворение потребностей настоящего времени, при котором не подрывается способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности»¹. В современном видении устойчивое развитие рассматривается в трех проекциях (экономической, социальной, экологической) и включает два ключевых взаимосвязанных понятия:

1) понятие потребностей, в первую очередь, приоритетных (необходимых для существования беднейших слоев населения);

2) понятие ограничений, которые формируются степенью развития технологий и организацией трудовых отношений в обществе, накладываемых на способность среды (внутренней и внешней) удовлетворять нынешние и будущие потребности человечества.

Ключевой аспект концепции: устойчивое развитие в своей основе подразумевает удовлетворение базовых, жизненно необходимых потребностей всех людей и предоставления всем равных возможностей для удовлетворения стремления к лучшей жизни.

Экономическая составляющая концепции устойчивого развития основывается на определении дохода, предложенном Дж. Хиксом. Он называл устойчивым такой доход индивида, который позволяет сохранить, как минимум, исходный уровень благосостояния после потребления за рассматриваемый период [1]. На макроуровне устойчивое развитие представляет собой поступательно-волновое движение на базе нового более эффективного глобального технологического уклада, который становится материальной основой качественно более высокого уровня экономики на временном интервале в 50–40 лет. При этом особое значение приобретает устойчивое развитие промышленных предприятий как ключевых элементов национальной экономики, усилиями которых создается экономическое благополучие страны в целом.

Потребность определения научной основы обуславливает актуальность проведенного авторами исследования, *цель* которого — формирование концептуальных основ устойчивого развития промышленного предприятия с учетом адаптации базовых принципов. Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

- предложить научную постановку задачи устойчивого развития промышленного предприятия как микроэкономической системы и как имущественного комплекса в составе производственных факторов, выполненную в контексте поддержания экономической устойчивости в долгосрочной перспективе;

- адаптировать общенаучные принципы устойчивого развития к условиям системной организации и функционирования промышленного предприятия в высокодинамичной конъюнктурной среде.

Объект исследования — промышленное предприятие как микроэкономическая система, осуществляющая проекты развития в условиях устойчивого развития.

Предметом исследования являются организационно-экономические отношения, возникающие в процессе развития производственной системы предприятия на основе адаптации базовых принципов для обеспечения устойчивого развития.

Методы исследования

Проведенное исследование базируется на изучении и критическом переосмыслении существующих научных заделов. Основным методом исследования принят системный подход и проведенный на его основе концептуальный анализ — выявление элементов системы (объекта исследования), определяющих ее поведение; свойств элементов, влияющих на поведение системы; способов взаимодействия элементов системы и системы в целом с внешней средой. Результаты концептуального анализа представлены концептуальными логическими, структурными и причинно-следственными моделями.

Результаты

Анализ работ отечественных и зарубежных авторов, исследующих сущность понятий «устойчивое развитие» и «экономическая устойчивость», показал многообразие существующих подходов. Более того, зачастую «устойчивое развитие» и «экономическая устойчивость» хоть и выделяются как самостоятельные категории, однако на сегодняшний день нет единых, унифицированных определений этих категорий, а представлены лишь их отдельные составляющие (инвестиционная, производственная, финансовая и др.).

Анализируя понятия *устойчивого развития промышленного предприятия* и *экономической устойчивости промышленного предприятия*, следует отметить их ключевые различия. *Экономическая устойчивость* промышленного предприятия рассматривается как совокупность определенных свойств, проявляющихся во всех сферах осуществляемой им деятельности, с учетом взаимосвязей и взаимовлияния как с собственной внутренней средой, так и с внешними факторами, что позволяет предприятию эффективно развиваться. Т.е., экономическая устойчивость определяет способность промышленного предприятия к поддержанию экономического равновесия, с одной стороны, и, в то же время, возможность переходить в новое состояние, т.е. развиваться. *Экономическая устойчивость* отличается от *устойчивого развития* тем, что она не характеризует процесс, а определяет способность предприятия стабильно функционировать, сохраняя устойчивое финансово-экономическое состояние, трансформации. Так, А.Г. Коряков дает следующее определение: «В качестве научной категории экономическая устойчивость отражает сущность особенного состояния хозяйственной системы в сложной рыночной среде, которая характеризует гарантию целенаправленности ее движения в действительном и прогнозируемом будущем» [2]. Устойчивость предприятия характеризуется верхними и нижними границами. Положение границ изменяется с развитием предприятия.

При формировании же подходов к определению *устойчивого развития предприятия* наиболее актуальным представляется *динамическое* направление, основанное на определении устойчивости развития с точки зрения динамики протекающих внутренних и внешних экономических процессов предприятия. Устойчивое развитие предприятия, по мнению большинства авторов, это состояние функционирования предприятия, которое при воздействии внешних и внутренних факторов среды сохраняет способностью поддерживать и приумножать исходное состояние в рассматриваемом временном промежутке. Ключевой ориентир — устойчивое экономическое состояние предприятия в долгосрочной перспективе. Обеспечение устойчивого развития промышленного предприятия предполагает решение триединой научно-практической задачи: обоснование принципов, поиск возможностей, формирование и апробация инструментария устойчивого развития. Переход от научной постановки задачи к ее практическому решению предполагает четкое понимание специфики самого объекта исследования и среды его функционирования.

Специфика промышленного предприятия:

- промышленное предприятие представляется как микроэкономическая система и как имущественный комплекс;
- готовая продукция имеет специализацию и значительный порог минимально эффективного выпуска;
- деятельность предприятия базируется на материальных активах, масштабной производственной инфраструктуре и требует значительных инвестиций в оборудование и технологии;
- промышленные предприятия имеют сложную организационную структуру;
- контрактация с контрагентами является сложной и длительной.

Для применения известных инструментов анализа внутренней среды промышленного предприятия и перспективных разработок необходимо основываться на существующих принципах функционирования и развития промышленного предприятия [3, 4]. Представляется актуальным выделить следующие базовые системообразующие принципы:

- системность;
- целеполагание;
- адаптивность;
- непрерывность;
- дифференциация;
- целостность;
- обратная связь;
- иерархичность.

Предлагаемая адаптация базовых принципов к условиям устойчивого развития промышленного предприятия с учетом специфики последних сводится к следующим моментам.

Системность. Принцип системности в контексте промышленного предприятия предполагает раскрытие положений теории систем, согласно которой каждый элемент промышленного предприятия в процессе его исследования должен рассматриваться как система и, в тоже время, как элемент более общей системы. Важно отметить, что система промышленного предприятия должна отвечать определенным требованиям:

- создание эффекта синергии (функционирование всех элементов системы в целом эффективнее, чем разрозненно);
- оптимизация связей внутри системы (необходимое и достаточное количество вертикальных и горизонтальных связей);
- динамическая и гибкая структура, позволяющая достигать операционных, тактических и стратегических целей предприятия.

Постановка целей предприятия выступает первым опорным шагом для эффективной деятельности. Процесс постановки отражает понимание текущего положения предприятия, которое формируется посредством анализа его позиций и предложений рынку. Основой для формулирования конкретных целей базово выступают: миссия и ценности предприятия, подходы в работе с партнерами, принципы отношения с клиентами или сотрудниками, проблемные аспекты и нужды компании. В контексте устойчивого развития промышленного предприятия особенно важным представляется координация целей и производственного планирования. Также цели предприятия должны учитывать региональную специфику и гармонизировать с планами развития региона в целом.

Адаптивность. Адаптация включает в себя обеспечение жизнедеятельности предприятия в конкурентной внешней среде, изменение привычных поведенческих шаблонов, реструктуризация с возможным изменением ключевого фокуса предприятия.

Процесс адаптации промышленного предприятия носит комплексный характер и определяется как:

- 1) адаптация продукции к спросу;
- 2) адаптация производственных мощностей к технологическим инновациям;
- 3) адаптация сотрудников к изменениям бизнес-процессов;
- 4) адаптация организационной структуры;
- 5) адаптация системы управления [5–7].

Непрерывность. Принцип непрерывности производства следует рассматривается в двух аспектах: непрерывность процесса подготовки для производства базовых ресурсов и непрерывность загрузки производственных мощностей, оптимизация использования рабочего времени. Непрерывность движения предметов труда параллельно требует минимизации остановок оборудования для плановой переналадки в ожидании поступления материалов и изменения производственного цикла. Это, в свою очередь, требует повышения системности и единообразия работ, выполняемых на рабочих местах, а также использование быстропереналаживаемого оборудования (производственных линий с программным управлением).

Дифференциация. Предполагает разделение производственного процесса на технологические подпроцессы, которые, в свою очередь, подразделяются на штатные операции.

Целостность. С точки зрения принципа целостности, промышленное предприятие следует рассматривать как единое целое, состоящее из взаимодействующих, подчас разнородных, но в тоже время однонаправленных элементов предприятия, ориентированных на общий конечный результат. Элементы промышленного предприятия должны рассматриваться как взаимосвязанные подсистемы.

Обратная связь. На различных этапах деятельности промышленного предприятия следует производить аналитику полученных результатов в соотношении с плановыми (ожидаемыми). По результатам аналитики проводится коррекция цели, планов или технологии достижения результата.

Иерархичность. Принцип иерархичности подразумевает многоступенчатую структуру управления, при которой нижние звенья осуществляют самоуправление, находясь под контролем органов руководства следующего уровня. Те, в свою очередь, подчиняются органам следующего уровня и контролируются ими. Соответственно, цели перед нижестоящими звеньями ставятся органами более высокого по иерархии органа управления [8].

Важно отметить, что промышленное предприятие, ориентированное на лидирующие позиции в современной рыночной конъюнктуре, стремящейся к устойчивому развитию, кроме системообразующих принципов, должно учитывать следующие важные частные принципы, отмеченные в работе Т.Н. Тополевой [9]: учет и последовательная работа с потребностями всех заинтересованных сторон, прозрачное и справедливое взаимодействие с партнерами, поставщиками и государственными институтами, выработка системного подхода к выстраиванию деловых отношений с учетом лучших деловых практик на рынке и этических норм, как отечественных, так и международных, ведение, актуализация и регулярное обновление инструментов и программ повышения доходности, последовательная работа над минимизацией экономических и социальных рисков посредством разработки адресных мотивационных программ сотрудникам на всех уровнях. Адаптированные общесистемные принципы функционирования промышленного предприятия, дополненные частными принципами, представлены на рис. 1. В совокупности они формируют состав принципов устойчивого развития промышленного предприятия.



Рис. 1. Состав принципов устойчивого развития промышленного предприятия

Fig. 1. The structure of sustainable development of an industrial enterprise

Устойчивое развития промышленного предприятия имеет свою специфику. Для результативного анализа устойчивого развития промышленного предприятия необходимо использование механизма, благодаря которому можно оценить влияние внутренних факторов предприятия на его устойчивое развитие, после чего на основе полученных данных возможно принятие решения о корректировке стратегии управления предприятием для обеспечения его дальнейшего устойчивого развития. Процесс становления качественно нового состояния системы, а также взаимосвязей между ее элементами, нацеленными на повышение уровня эффективности ее функционирования, есть формирование механизма устойчивого развития предприятия, по мнению О.Н. Григоровой. Вместе с обеспечением стабильности компании этот процесс включает разработку, реализацию, внедрение и эксплуатацию инноваций [10]. Элементы системы устойчивого развития представлены на рис. 2.

Стратегические цели предприятия. Руководству предприятия необходимо сформулировать ключевую цель устойчивого развития, которая укладывается в общую стратегию предприятия, в соответствии с доступными предприятию возможностями устойчивого развития. Промышленное предприятие ориентированно на достижение определенного уровня производства, увеличения объемов продаж, доходности, повышения качества продукта, снижения числа браков, захват большей доли рынка, что и является его ключевыми целями [11].

Элементы производственной устойчивости. В основе обеспечения производственной устойчивости лежит систематичная рационализация и повышение эффективности использования ресурсов на всех уровнях промышленного предприятия. В результате происходит повышение эффективности производственной деятельности в целом.

Элементы финансово-экономической устойчивости. В результате последовательного развития финансово-хозяйственной деятельности предприятия увеличивается платежеспособность, что и формирует финансовую устойчивость предприятия.

Элементы организационно-управленческой устойчивости. Процесс развития предприятия сопровождается повышением эффективности его управления за счет привлечения или подготовки управленцев под новые задачи, формируемые ростом предприятия; в результате повышается инвестиционная привлекательность предприятия.



Рис. 2. Элементы системы устойчивого развития промышленного предприятия
 Fig. 2. Elements of a sustainable development system for an industrial enterprise

Элементы инновационного роста. Первичным звеном инновационного роста является внедрение передовых технологических решений в производственный процесс. Для органичного использования новых технологий на производстве необходимо внедрение и новых способов его организации. В симбиозе новых технологий и решений по организации производства формируется выпуск новых видов продукции.

Ключевым условием экономического роста промышленного предприятия выступает рациональное инвестиционное обеспечение. Инвестиции, согласно ФЗ №39 «Об инвестиционной деятельности в РФ, осуществляемой в форме капиталовложений» от 25.02.1999 (ред. от 02.08.2019) — это «денежные средства, ценные бумаги, иное имущество, в том числе имущественное право, иные права, имеющие денежную оценку, вкладываемые в объекты предпринимательской и иной деятельности в целях получения прибыли или достижения иного полезного эффекта». Кроме того, закон определяет правовые и экономические основы инвестиционной деятельности на территории РФ, которая осуществляется в форме капиталовложений, гарантии равной защиты имущественных прав и интересов инвесторов любой формы собственности.

В современных реалиях, для которых характерно нарастание конкурентной борьбы и финансовый кризис, вызванный коронавирусом, формируется спрос на разработку и внедрение подходов к инвестиционному обеспечению устойчивого развития предприятий реального сектора экономики. Разработки в этой области позволят усовершенствовать инвестиционный процесс и обеспечить повышение конкурентоспособности промышленных предприятий — ключевых составляющих российской экономики. Глобальной целью инвестиционного обеспечения устойчивого развития промышленного предприятия является рационализация процесса роста масштаба производственной деятельности через привлечение инвестиций в наиболее эффективные и доходные проекты, что в итоге должно приводить к прогрессу в научно-технической, экономической и социальной деятельности предприятия [12, 13].

Говоря о понятии *инвестиционного обеспечения*, отметим, что прежде всего это деятельность по генерации, распределению и реализации денежных средств, предназначенных для инвестирования.

Финансовое обеспечение инвестиционной деятельности промышленного предприятия осуществляется различными способами, с привлечением разнообразных источников финансирования. Основные из них:

- *самофинансирование* — финансирование за счет собственных средств субъекта, чистой прибыли, сбережений, накоплений и пр.;
- *акционерное финансирование* — аккумуляция вкладов учредителей и инвесторов;
- *кредитование* — государственное (на возвратной основе), инвестиционных фондов, пенсионных фондов и др.;
- *централизованное государственное финансирование* — бюджеты федерального и регионального уровня, фонды поддержки предпринимательства на льготной или безвозмездной основе;
- *целевое финансирование* — вложения с целью стратегического партнерства и получения права управления (владение контрольным пакетом акций); такие вложения чаще всего ориентированы на выход на новые рынки;
- *иностранное финансирование*, предоставляемое в форме прямых инвестиций различными международными организациями [14–16].

Инвестиционное обеспечение промышленного предприятия предполагает наличие соответствующей инфраструктуры. В России в настоящее время во многом сформированы основные институты инвестиционной инфраструктуры. Так, основные составляющие системы инвестиционного обеспечения устойчивого развития промышленного предприятия включают:

- формирование ресурсов для инвестиций;
- систему прогнозирования для объектов финансирования;

- на основе прогнозных данных формирование инвестиционного портфеля промышленного предприятия;
- рабочий механизм инвестиционного обеспечения промышленного предприятия;
- инструменты оценки эффективности системы инвестиционного обеспечения промышленного предприятия;
- инвестиционную политику промышленного предприятия [17, 18].

Эффективное функционирование системы инвестиционного обеспечения устойчивого развития промышленного предприятия предполагает осуществление инвестиционной стратегии, ориентированной на перспективные направления инвестиционной деятельности, разделенные на этапы. Выделим несколько базовых стратегий:

- долгосрочное инвестирование, ориентированное на создание новых бизнесов, которые нацелены на максимизацию доходов в долгосрочной перспективе;
- операционное инвестирование, сфокусированное на модернизации продуктового портфеля предприятия, технологий производства и управленческих подходов менеджмента;
- диверсифицированное инвестирование — максимально широкая палитра инвестиционной активности, ориентированная на минимально удовлетворительную норму доходности проектов.

Ключевые результаты, которые должны обеспечивать названные стратегии: максимизация прибыли предприятия при приемлемых инвестиционных рисках [19, 20].

Развитие теоретических положений инвестиционного обеспечения проектов развития промышленных предприятий связано с разработками инструментов, позволяющих формировать эффективную инвестиционную политику. Под эффективной инвестиционной политикой будем понимать системное управление инвестиционным обеспечением, целью которого является нахождение и осуществление эффективных форм инвестирования с учетом сохранения дальнейших циклов инвестиционного процесса на предприятии. Так, к основным компонентам осуществления инвестиционной политики на промышленном предприятии можно отнести следующие:

- анализ рынка и прогнозирование его изменений;
- разработка алгоритма управления инвестиционным процессом посредством формирования ключевых положений инвестиционной политики и процедур управления;



Рис. 3. Система инвестиционного обеспечения промышленного предприятия

Fig. 3 The system of investment support of an industrial enterprise

- отбор приоритетных проектов на основе оценки ресурсного потенциала целевого сегмента инвестирования;

- развитие нормативно-правовой базы [21, 22].

Сочетание эффективной системы (рис. 3) и стратегии как ключевой ее составляющей сформирует среду и обеспечит реализацию устойчивого развития промышленного предприятия [23–28].

Результаты исследования

Выполнена постановка научно-практической задачи обеспечения устойчивого развития промышленного предприятия как микроэкономической системы, ориентированной на поддержание экономической устойчивости в долгосрочной перспективе.

Представлена адаптация базовых общенаучных принципов функционирования промышленного предприятия в современной конъюнктурной среде, характеризующейся высокой динамикой операционных процессов, к условиям устойчивого развития.

Выявлена роль инвестиционного обеспечения, сформирована концептуальная схема устойчивого развития промышленного предприятия, обоснована целесообразность разработки инструментов инвестиционного планирования как постоянно действующей функции менеджмента.

Заключение

Исследование принципов и элементов устойчивого развития промышленных предприятий показывает, что в текущих экономических реалиях важно ориентировать управленческие мероприятия на устойчивый экономический рост, что определяет необходимость методических разработок в этой области. Важнейшим инструментом осуществления устойчивого развития промышленного предприятия является рациональное инвестиционное обеспечение, целевыми результатами которого может быть:

- системное повышение конкурентных преимуществ выпускаемой продукции;
- расширение номенклатуры выпускаемой продукции, как минимум, адекватно запросам рынка с ориентиром на предвосхищение спроса и формирование новых рыночных трендов;
- обновление технологической базы предприятия, ориентированной на снижение операционных затрат на производство и доведения продукции до потребителя.

Дальнейшим развитием исследования может стать формирование подхода к определению величины объема инвестиций, обеспечивающих максимальную отдачу — рентабельность средств, направленных в развитие предприятия, и величины рисков, обусловленных нерациональной инвестиционной политикой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левина Е.И. Понятие «Устойчивое развитие». Основные положения концепции // Вестник ТГУ. 2009. № 11. С. 113–119.
2. Коряков А.Г. Методологические вопросы устойчивого развития предприятий // Вопросы экономики и права. 2012. № 4. С. 110–114.
3. Цитленок В.С. О сущности и содержании категории «Устойчивое развитие мировой экономики» // Вестник ТГУ. Экономика. 2011. № 4(16). С. 76–82.
4. Кутовая А.С. Анализ подходов к определению понятия «Устойчивое развитие предприятия» // Вестник СГТУ. 2012. № 5(44). С. 39–43.
5. Шакиров А.Д. О концепции устойчивого развития и ее принципах // Ученые записки Казанского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2011. № 1. С. 217–225.
6. Абашидзе А.Х., Солнцев А.М. и др. Достижение целей устойчивого развития (2016–2030): международно-правовое измерение // Вестник РУДН. Серия: Юридические науки. 2016. № 1. С. 65–78.

7. **Малахов В.П.** Адаптивность промышленного предприятия в условиях нестабильности // Теория и практика общественного развития. 2013. № 2. С. 207–209.
8. **Полещук И.А.** Принцип иерархичности и принцип структуризации // European science. 2015. № 9(10). С. 50–54.
9. **Тополева Т.Н.** Исследование принципов и факторов устойчивого развития промышленного предприятия // Вестник НГИЭИ. 2018. № 6(85). С. 85–96.
10. **Григорова О.Н.** Построение модели механизма устойчивого развития предприятия на основе регулирования инновационной деятельности // Актуальные проблемы менеджмента, маркетинга и информационных технологий. Вып. 5. Воронеж: ИММиФ, 2014. С. 162–166.
11. **Кузнецова Е.Ю., Кузнецов С.В.** Оценка устойчивого развития промышленного предприятия // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2019. № 18–2. С. 186–209. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.2.010
12. **Томпсон А., Формби Дж.** Экономика фирмы. М.: БИНОМ, 1998. 544 с.
13. **Бороненкова С.А., Матвеева В.С., Чепулянис А.В.** Понятие, цели, задачи и методы стратегического анализа в управлении хозяйствующим субъектом // Экономика и предпринимательство. 2017. № 8–2. С. 599–605.
14. **Инновационные кластеры цифровой экономики: Теория и практика /** Под ред. А.В. Бабакина. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2018. 676 с.
15. **Ruppert D., Wand M.P., Carroll R.J.** Semiparametric regression. New York, Cambridge University Press, 2003. 404 p.
16. **Блохин В.Н.** Основы устойчивого развития предприятия и его финансовой системы в современных условиях // Устойчивое развитие экономики промышленных предприятий. Н. Новгород: НОО «Профессиональная наука», 2015. С. 4–7.
17. **Бодрунов С.Д.** Новое индустриальное общество. Производство. Экономика. Институты // Экономическое возрождение России. 2016. № 2(48). С. 5–14.
18. **Евсеева М.В.** Измерение показателей инвестиционной устойчивости отраслей промышленности // Управление экономическими системами. 2016. № 10(92). С. 14–23.
19. **Babkin A.V., Zolnikova S.V., Kozlov A.V., Babkin I.A.** Organizational and economic mechanism of management by innovative potential of industrial cluster. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2019, no. 2, pp. 71–83. DOI: 10.18721/JE.12208
20. **Клевцов С.М.** Диагностика устойчивости развития промышленного комплекса на основе динамической оценки временных рядов // Известия СПбГЭУ. 2015. № 3(93). С. 125–129.
21. **Леготин Ф.Я., Григорьев Д.Н.** Методы повышательной инвестиционной и инновационной активности реновации технологического оборудования // Известия УГГУ. 2017. № 2(46). С. 109–113. DOI: 10.21440/2307-2091-2017-2-109-113
22. **Орехова С.В.** Формирование устойчивых конкурентных преимуществ фирмы: ресурсно-институциональный подход. Екатеринбург: УрГЭУ, 2016. 150 с.
23. **Ткаченко И.Н., Евсеева М.В.** Методический подход к диагностике уровня инвестиционно-го развития отраслей промышленности // Дискуссия. 2016. № 10(73). С. 50–61.
24. **Устойчивое развитие промышленного предприятия в условиях неоиндустриальной трансформации /** Под ред. Я.П. Силина. Екатеринбург: УрГЭУ, 2017. 207 с.
25. **Хотинская Г.И.** Корпоративный рост: теория, финансовые индикаторы, эмпирические закономерности // Управленец. 2015. № 4(56). С. 12–29.
26. **Кузнецова Е.Ю., Кузнецов С.В.** Оценка устойчивого развития промышленного предприятия // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2019. № 18–2. С. 186–209. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.2.010
27. **Гладышева И.В.** К вопросу построения модели устойчивого развития промышленного предприятия // Стратегии бизнеса. 2018. № 4. С. 15–19. DOI: 10.17747/2311-7184-2018-4-15-19
28. **Быстров А.В., Клюкин И.Н.** Развитие трансфера технологий предприятий как фактор повышения экономической эффективности промышленного производства // Российское предпринимательство. 2017. № 18–17. С. 2461–2472. DOI: 10.18334/rp.18.17.38277

REFERENCES

1. **E.I. Levina,** Ponyatiye "Ustoychivoye razvitiye". Osnovnyye polozheniya kontseptsii [The concept of "Sustainable development". Basic provisions of the concept]. Vestnik TGU, 2009, no. 11, pp. 113–119. (rus)

2. **A.G. Koryakov**, Metodologicheskiye voprosy ustoychivogo razvitiya predpriyatiy [Methodological issues of sustainable development of enterprises]. *Voprosy ekonomiki i prava*, 2012, no. 4, pp. 110–114. (rus)
3. **V.S. Tsitlenok**, O sushchnosti i sodержanii kategorii "Ustoychivoye razvitiye mirovoy ekonomiki" [On the essence and content of the category "Sustainable development of the world economy"]. *Vestnik TGU. Ekonomika*, 2011, no. 4(16), pp. 76–82. (rus)
4. **A.S. Kutovaya**, Analiz podkhodov k opredeleniyu ponyatiya "Ustoychivoye razvitiye predpriyatiya" [Analysis of approaches to the definition of the concept of "sustainable development of the enterprise"]. *Vestnik SGTU*, 2012, no. 5(44), pp. 39–43. (rus)
5. **A.D. Shakirov**, O kontseptsii ustoychivogo razvitiya i yeye printsipakh [About the concept of sustainable development and its principles]. *Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Gumanitarnyye nauki*, 2011, no. 1, pp. 217–225. (rus)
6. **A.Kh. Abashidze, A.M. Solntsev, et al.**, Dostizheniye tseley ustoychivogo razvitiya (2016–2030): mezhdunarodno-pravovoye izmereniye [Achieving the sustainable development goals (2016–2030): International legal dimension]. *Vestnik RUDN. Seriya Yuridicheskiye nauki*, 2016, no. 1, pp. 65–78. (rus)
7. **V.P. Malakhov**, Adaptivnost promyshlennogo predpriyatiya v usloviyakh nestabilnosti [The adaptability of an industrial enterprise in the context of instability]. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*, 2013, no. 2, pp. 207–209. (rus)
8. **I.A. Poleshchuk**, Printsip iyerarkhichnosti i printsip strukturizatsii [The principle of hierarchy and the principle of structuring]. *European science*, 2015, no. 9(10), pp. 50–54. (rus)
9. **T.N. Topoleva**, Issledovaniye printsipov i faktorov ustoychivogo razvitiya promyshlennogo predpriyatiya [Study of the principles and factors of sustainable development of an industrial enterprise]. *Vestnik NGIEI*, 2018, no. 6(85), pp. 85–96. (rus)
10. **O.N. Grigorova**, Postroyeniye modeli mekhanizma ustoychivogo razvitiya predpriyatiya na osnove regulirovaniya innovatsionnoy deyatel'nosti [Building a model of the mechanism of sustainable development of an enterprise based on the regulation of innovation]. *Aktualnyye problemy menedzhmenta, marketinga i informatsionnykh tekhnologiy* [Actual problems of management, marketing and information technology]. Vol. 5. Voronezh, IMMIF, 2014. pp. 162–166. (rus)
11. **E.Yu. Kuznetsova, S.V. Kuznetsov**, Method for assessing the sustainable Development of an industrial enterprise. *Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2019, no. 18–2, pp. 186–209. (rus). DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.2.010
12. **A. Tompson, Dzh. Formbi**, *Ekonomika firmy* [Economy of the firm]. Moscow, BINOM, 1998. 544 p. (rus)
13. **S.A. Boronenkova, V.S. Matveyeva, A.V. Chepulyanis**, Ponyatiye, tseli, zadachi i metody strategicheskogo analiza v upravlenii khozyaystvuyushchim subyektom [The concept, goals, objectives and methods of strategic analysis in the management of an economic entity]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*, 2017, no. 8–2, pp. 599–605. (rus)
14. **A.V. Babkin (Ed.)**, *Innovatsionnyye klasteryy tsifrovoy praktika* [Innovative clusters of the digital economy: Theory and practice]. St. Petersburg, Izd-vo Politekhnikheskogo un-ta, 2018. 676 p. (rus)
15. **D. Ruppert, M.P. Wand, R.J. Carroll**, *Semiparametric regression*. New York, Cambridge University Press, 2003. 404 p.
16. **V.N. Blokhin**, Osnovy ustoychivogo razvitiya predpriyatiya i yego finansovoy sistemy v sovremennykh usloviyakh [Fundamentals of sustainable development of an enterprise and its financial system in modern conditions]. *Ustoychivoye razvitiye ekonomiki promyshlennykh predpriyatiy* [Sustainable development of the economy of industrial enterprises]. Nizhny Novgorod, NOO Professional'naya nauka, 2015, pp. 4–7. (rus)
17. **S.D. Bodrunov**, Novoye industrialnoye obshchestvo. Proizvodstvo. Ekonomika. Instituty [New industrial society. Production. Economy. Institutions]. *Ekonomicheskoye vozrozhdeniye Rossii*, 2016, no. 2(48), pp. 5–14. (rus)
18. **M.V. Evseeva**, Measurement of the investment sustainability branches of industry. *Management of Economic Systems*, 2016, no. 10(92), pp. 14–23. (rus)
19. **A.V. Babkin, S.V. Zdolnikova, A.V. Kozlov, I.A. Babkin**, Organizational and economic mechanism of management by innovative potential of industrial cluster. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2019, no. 2, pp. 71–83. DOI: 10.18721/JE.12208
20. **S.M. Klevtsov**, Diagnosis of sustainable development of industrial complex on the basis dynamic assessment of time series. *Izvestiya SPbGEU*, 2015, no. 3(93), pp. 125–129. (rus)

21. **F.Ya. Legotin, D.N. Grigor'ev**, Methods of upward investment and innovation activity of renovation of technological equipment. News of the Ural State Mining University, 2017, no. 2(46), pp. 109–113. (rus). DOI: 10.21440/2307-2091-2017-2-109-113
22. **S.V. Orekhova**, Formirovaniye ustoychivyykh konkurentnykh preimushchestv firmy: Resursno-institutsionalnyy podkhod [Formation of sustainable competitive advantages of the company: Resource-institutional approach]. Yekaterinburg: UrGEU, 2016. 150 p. (rus)
23. **I.N. Tkachenko, M.V. Evseeva**, Methodical approach to diagnosis of investment development level of industrial branches. Discussion, 2016, no. 10(73), pp. 50–61. (rus)
24. **Ya.P. Silin (Ed.)**, Ustoychivoye razvitiye promyshlennogo predpriyatiya v usloviyakh neoindustri-alnoy transformatsii [Sustainable development of an industrial enterprise in the context of neo-industrial transformation]. Yekaterinburg, UrGEU, 2017. 207 p. (rus)
25. **G.I. Khotinskaya**, Corporate growth: Theory, financial indicators, empirical regularities. Upravle-nets, 2015, no. 4(56), pp. 12–29. (rus)
26. **E.Yu. Kuznetsova, S.V. Kuznetsov**, Method for assessing the sustainable development of an indus-trial enterprise. Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management, 2019, no. 18–2, pp. 186–209. (rus). DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.2.010
27. **I.V. Gladysheva**, The problem of constructing a model of sustainable development of the industrial enterprises. Business Strategies, 2018, no. 4, pp. 15–19. (rus). DOI: 10.17747/2311-7184-2018-4-15-19
28. **A.V. Bystrov, I.N. Klyukin**, Development of technology transfer of enterprises as a factor affecting the increase of economic efficiency of industrial production. Rossiyskoe predprinimatelstvo, 2017, no. 18(17), pp. 2461–2472. (rus). DOI: 10.18334/rp.18.17.38277

Статья поступила в редакцию 13.08.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

ДАНИЛОВ Александр Андреевич

E-mail: alexdanilov1993@gmail.com

DANILOV Aleksandr A.

E-mail: alexdanilov1993@gmail.com

СИЛКИНА Галина Юрьевна

E-mail: galina.silkina@gmail.com

SILKINA Galina Yu.

E-mail: galina.silkina@gmail.com

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13507
УДК 658

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ НАБОРА ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-СИСТЕМЫ

Глухов В.В.¹, Колобов А.В.², Игумнов Е.М.³

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация;

² ООО «Севергрупп»,
Череповец, Российская Федерация;

³ ПАО «Северсталь Менеджмент»,
Москва, Российская Федерация

В условиях высокой конкуренции подходы в формировании бизнес-систем становятся важнейшим фактором повышения конкурентоспособности предприятия. Инструменты (методы и методики), которые лежат в основе повышения эффективности этих систем, позволяют без существенных инвестиционных затрат повысить качество продукции или услуг, сократить издержки, улучшить дисциплину поставки. При этом в различных компаниях данные инструменты внедряются по-разному, в различной очередности и в различных комбинациях, что в ряде случаев это может привести к низкой результативности. Это связано с отсутствием формализованной методики оптимизации набора инструментов для повышения эффективности бизнес-системы, который позволит обеспечить максимальный эффект в условиях ограничений на трудовые и временные ресурсы. По этой причине разработка методики оптимизации набора инструментов для повышения эффективности бизнес-системы на основе максимизации эффекта от трансформационного проекта для конкретного предприятия представляется актуальной научной задачей. В качестве объекта исследования выступает бизнес-система предприятия, входящего в мультиотраслевую кластерную структуру. Целью исследования является разработка методики оптимизации набора инструментов для повышения эффективности функционирования бизнес-системы. Для решения данной задачи авторами предлагается использовать методы математической оптимизации. Для формирования целевой функции оптимизационной модели авторами было проведено исследование эффективности инструментов бизнес-системы на основе регрессионного анализа результатов 170 проектов, реализованных различными предприятиями мультиотраслевого холдинга. Для формирования ограничений была оценена статистика по длительности формирования инструментов. Для решения задачи оптимизации с ограничениями использовался метод СОВУЛА. Разработанная методика позволяет повысить эффективность реализации трансформационных проектов в различных компаниях (например, в части снижения себестоимости продукции) на 7–10% за счет оптимального подбора инструментов повышения эффективности бизнес-системы.

Ключевые слова: оптимизация, целевая функция, ограничения, СОВУЛА, максимизация эффекта от проекта, бизнес-система, регрессионный анализ, уровень развитости

Ссылка при цитировании: Глухов В.В., Колобов А.В., Игумнов Е.М. Методика оптимизации набора инструментов для повышения эффективности бизнес-системы // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 95–105. DOI: 10.18721/JE.13507

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

TECHNIQUE FOR OPTIMIZING A SET OF TOOLS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF A BUSINESS SYSTEM

V.V. Glukhov¹, A.V. Kolobov², E.M. Igumnov³

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation

² ООО "Severgroup",
Cherepovets, Russian Federation

³ JSC "Severstal Management",
Moscow, Russian Federation

In the conditions of intense competition, of products of the Russian enterprises which determine rates and quality of economic development approaches to formation of business systems become the most important factor of improving competitiveness of the enterprise. Tools (methods and techniques) which are the cornerstone of the increase in efficiency of these systems allow to increase quality of products or services, to reduce expenses, to improve discipline of delivery without essential investment expenses. At the same time, various companies introduce these tools differently, in various sequences and combinations, which sometimes results in low effectiveness of these tools. It is connected with the lack of the formalized technique of the tool kit optimization increasing efficiency of a business system which will allow to provide the maximum effect in the conditions of restrictions for human and temporal resources. For this reason, development of a technique of the tool kit optimization to increase efficiency of a business system on the basis of maximizing the effect of the transformational project for a certain enterprise is represented a relevant scientific task. The business system of the enterprise involved in a multi-industry cluster structure acts as an object of the research. The research objective is the development of a technique of the tool kit optimization to increase efficiency and functioning of a business system. To solve this task, the authors proposed to use the methods of mathematical optimization. To form a criterion function of the optimizing model, the authors conducted a research on the efficiency of the business system tools on the basis of a regression analysis of results of 170 projects implemented by various enterprises in a multi-industry holding. To form restrictions, the authors evaluated statistics on duration of tools formation. COBYLA method was used to solve the problem of optimization with restrictions. The developed technique allows to increase the efficiency of implementation of transformational projects in various companies (for example, in terms of decreasing production costs) by 7–10% due to optimum selection of tools increasing the efficiency of a business system.

Keywords: optimization, criterion function, restrictions, COBYLA, maximizing effect of the project, business system, regression analysis, development level

Citation: V.V. Glukhov, A.V. Kolobov, E.M. Igumnov, Technique for optimizing a set of tools to improve the efficiency of a business system, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 95–105. DOI: 10.18721/JE.13507

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

В настоящее время предприятия работают в сложной нестабильной среде при наличии глобальных вызовов, которые заставляют их постоянно стремиться к применению новых инструментов и методов, необходимых для повышения производительности, улучшения качества, удовлетворенности клиентов и создания конкурентных преимуществ. Одним из многообещающих подходов для достижения этих организационных целей является применение различных инструментов повышения операционной эффективности предприятия [1]. Эти инструменты должны затрагивать максимальное количество бизнес-процессов, реализуемых организационной единицей для достижения ее стратегических целей. Набор данных процессов также называют бизнес-системой. Большой накопленный опыт внедрения бизнес-систем доказывает их результативность при повышении операционной эффективности предприятий [2, 3]¹. Предложено множество инструментов и способов их адаптации под различные условия внедрения. Они позволяют выявить недостатки и резервы в бизнес-процессах предприятия, идентифицировать их сущность, а порой

¹ См. также: Вумек Дж., Джонс Д. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. М.: Альпина Паблишер, 2003. 650 с.; Хаммер М. Быстрее, лучше, дешевле: Девять методов реинжиниринга бизнес-процессов. М.: Альпина Паблишер, 2012. 356 с.



обнаружить причины серьезного конкурентного отставания, давая при этом сотрудникам эффективные варианты корректирующих действий. Внедрение этих инструментов возможно в любой компании, но в большинстве случаев возникает множество особенностей, препятствующих достижению планируемого результата. По этой причине они показывают разную эффективность, которая зависит от уровня развитости бизнес-системы на предприятии [4, 15].

Инструменты повышения эффективности бизнес-систем позволяют без существенных инвестиционных затрат повысить качество продукции или услуг, снизить операционные затраты, улучшить дисциплину поставки. При этом в различных предприятиях данные методы и практики внедряется по-разному, в различной очередности и в различных комбинациях. Это связано с тем, что на данный момент отсутствует формализованная методика определения наиболее эффективного набора инструментов повышения эффективности бизнес-системы, который позволил бы обеспечить максимальный эффект в условиях ограничений трудовых и временных ресурсов. По этой причине разработка методики оптимизации инструментов для максимизации эффекта от трансформационного проекта для конкретной компании и конкретной цели представляется актуальной научной задачей.

В качестве объекта исследования выступает бизнес-система предприятия, входящего в мультиотраслевую кластерную структуру. Целью исследования является разработка методики оптимизации набора инструментов для повышения эффективности функционирования бизнес-системы. Для решения данной задачи авторами предлагается использовать методы математической оптимизации.

Методика исследования

Системная работа по повышению эффективности бизнес-системы, направленная на обеспечение конкурентоспособности предприятия, требует наличия специального механизма управления. С точки зрения процессного подхода, данный механизм представляет собой последовательность управленческих действий с заданной целевой траекторией [14]. Для решения задачи повышения эффективности бизнес-системы целесообразно выделить следующие основные этапы предлагаемой методики:

- 1) выстраивание системы целеполагания;
- 2) диагностика текущего состояния и оценка потенциала повышения эффективности;
- 3) оптимизация инструментов повышения эффективности бизнес-системы для получения максимального эффекта;
- 4) разворачивание проекта и внедрение изменений;
- 5) обеспечение устойчивости внедренных результатов.

Рассмотрим данные этапы и их формирование.

Для того, чтобы решить задачу оптимизации набора инструментов, в первую очередь необходимо определиться с критерием оптимальности и целевой функцией модели. Критерий оптимальности должен быть релевантным к текущим целям предприятия. Для определения необходимого критерия целесообразно обратиться к задаче повышения конкурентоспособности предприятия.

Модель Майкла Портера является фундаментальным и при этом мощным инструментом анализа основных конкурентных сил, которые влияют на соперничество внутри отрасли². Можно выделить три ключевые правила, которые лежат в основе модели М. Портера³:

- 1) чем слабее влияние конкурентных сил, тем больше у компании возможностей к получению высокой прибыли;

2) чем выше влияние конкурентных сил, тем выше вероятность, что ни одна компания не в состоянии будет обеспечить высокую прибыль;

3) средняя прибыльность отрасли определяется наиболее влиятельными конкурентными силами.

В качестве конкурентных сил М. Портер выделяет пять структурных единиц, которые позволяют сформировать и удерживать долгосрочное конкурентное преимущество в отрасли. К ним относятся рыночная власть покупателей, рыночная власть поставщиков, угроза вторжения новых участников, опасность появления товаров-заменителей, уровень конкурентной борьбы или внутриотраслевая конкуренция [5].

В зависимости от наиболее актуальной конкурентной силы, действующей в данный момент в отрасли, которую представляет компания, исследователи чаще всего фокусируются на операционных затратах, качестве продукции и производительности [6–8].

Для дальнейшего анализа в качестве критерия оптимальности рассмотрим операционные затраты: по результатам трансформационного проекта они должны снизиться. Далее необходимо определить целевую функцию, которая позволит рассчитать оптимальное значение в зависимости от выбранных инструментов повышения эффективности бизнес-системы [7, 11]. Для этого был применен регрессионный анализ, который проводился на основе данных о результатах 170 проектов, собранных с помощью анкеты, заполненной руководителями проектов, с последующей автоматической обработкой результатов. Эффект от проекта определялся как процент от годовой цели подразделения/предприятия по снижению операционных затрат. Это позволяет сопоставить эффект от проектов в компаниях, функционирующих в различных условиях и на различных рынках. Данная величина измеряется в долях от 0 до 1 и является безразмерной (рис. 1). Дальнейшее решение задачи оптимизации также выполнялось для данного безразмерного показателя.

Одним из шагов при обработке результатов анкетирования (которое заслуживает отдельного рассмотрения) является группировка инструментов повышения эффективности бизнес-системы. Группировка необходима для того, чтобы учитывать синергетический эффект от применяемых инструментов и инновационный потенциал предприятия [12,13]. Группировка инструментов выполнялась на основе их целевого назначения или стадии проекта, на которой они применяются. В результате были получены следующие группы: «Диагностика», «Целеполагание», «Методы решения проблем», «Вытягивание потока», «Производительность труда», «Качество», «Себестоимость», «Производительность оборудования», «Устойчивость», «Digital Lean» (инструменты, содержащиеся в группах, представлены в статье).

Для оценки уровня использования группы инструментов была введена метрика «Коэффициент использования группы» — отношение количества использованных инструментов группы к их общему количеству в группе (например, если использовалось 5 из 10, то этот коэффициент равен 0,5). Таким образом, значение k может варьироваться в диапазоне от 0 до 1.

Результатом регрессионного анализа является формула

| По каждому показателю экспертно оцените эффект от внедренных инструментов в процентах от годовой цели подразделения. Если проект не был направлен на показатель, то не нужно производить оценку по нему. | | |
|--|---|------|
| Показатель | Эффект от проекта в процентах от цели подразделения | |
| Объемы | | 0,01 |
| Качество | | 0,02 |
| Операционные затраты | | 0,06 |

Рис. 1. Фрагмент анкеты для оценки эффекта от проекта
 Fig. 1. Fragment of the questionnaire for assessing the effect of the project

$$y = a_1 k_1 + a_2 k_2 + \dots + a_n k_n, \quad (1)$$

где y — значение целевой функции (эффект от проекта в части снижении операционных затрат, представленный как доля от годовой цели подразделения), $K = k_1, k_2, \dots, k_n$ — коэффициенты использования групп инструментов, которые будут подбираться при оптимизации (в диапазоне от 0 до 1), n — количество групп инструментов, a_1, a_2, \dots, a_n — коэффициенты влияния групп инструментов на эффект от проекта (y), подобранные в результате регрессионного анализа.

На основе регрессионного анализа для показателя «Операционные затраты» была получена формула (2), которая может быть использована в качестве целевой функции при решении задачи оптимизации инструментов повышения эффективности бизнес-системы.

$$y = 0.03 * k_1 + 0.0027 * k_2 + 0.21 * k_3 + 0.07 * k_4 + 0.005 * k_5 + 0.12 * k_6 + (-0.11) * k_7 + (-0.00032) * k_8 + 0.18 * k_9 + 0.09 * k_{10}, \quad (2)$$

где k_1 — коэффициент использования инструментов группы «Производительность оборудования», k_2 — «Методы решения проблем», k_3 — «Digital Lean», k_4 — «Устойчивость», k_5 — «Целеполагание», k_6 — «Себестоимость», k_7 — «Качество», k_8 — «Вытягивание», k_9 — «Производительность труда», k_{10} — «Диагностика».

Решение задачи оптимизации заключается в нахождении значений переменных, которые обеспечивают максимизацию показателя y . Для решения данной задачи с помощью методов математического программирования необходимо привести ее к виду минимизации целевой функции. Таким образом получим вид задачи оптимизации в общем виде:

$$-y = -(a_1 k_1 + a_2 k_2 + \dots + a_n k_n) \rightarrow \min. \quad (3)$$

Решение данной задачи должно происходить с учетом ограничений. Основными ограничениями при реализации любого проекта, в том числе трансформационного, являются ресурсы и сроки. В данном случае в качестве ограничения по срокам будет выступать допустимая длительность проекта (сумма длительности применения всех методов и практик бизнес-системы не должна превышать допустимую длительность проекта). Под ресурсами в данном случае будем понимать количество сотрудников, участвующих в проекте.

Для того чтобы оцифровать ограничения по длительности внедрения методов и практик, необходимо оценить количество FTE (Full-Time Employee — сотрудник, работающий при полной занятости в течение года), которое необходимо для внедрения каждого инструмента. Также стоит понимать, что количество трудозатрат, необходимых для внедрения, зависит от сложности процесса или количества сотрудников, которые реализуют данный инструмент.

Для оценки трудозатрат, необходимых для внедрения каждого конкретного инструмента, были взяты средние значения по итогам 170 проектов, реализованных на различных предприятиях мультиотраслевой кластерной структуры в форме холдинга. Для приведения этих значений к единой системе координат они были переведены в удельные значения на одну величину MRU (Mutual Recognition Unit — единица взаимного узнавания). MRU — подразделение, в котором люди могут распознавать друг друга как отдельных личностей и идентифицировать себя с организацией в целом. Рекомендуемая численность MRU находится в диапазоне от 200 до 250 человек. Для дальнейшего анализа выбрано значение 225 человек.

Стоит отметить, что не для всех инструментов трудозатраты на внедрение зависят от количества персонала. В табл. 1 для примера представлены средние трудозатраты на внедрение инструментов двух групп — «Digital Lean» и «Производительность труда». Применение инструментов группы «Производительность труда» зависит от количества персонала в подразделении и счи-

тается в расчете на 1 MRU, а «Digital Lean» — нет. Это связано с тем, что инструменты группы «Производительность труда» применяются к рабочим местам и функциям, а трудозатраты на их внедрение зависят от количества рабочих мест и количества персонала.

Таблица 1. Трудозатраты на внедрение инструментов групп «Digital Lean» и «Производительность труда»
Table 1. Labor costs for the implementation of tools of the "Digital Lean" and "Labor Productivity" groups

| Группа «Digital Lean» | FTE | Группа «Производительность труда» | FTE (на 1 MRU) |
|----------------------------|------|--|----------------|
| Графический анализ данных | 0,16 | Хронометрирование/КИВ | 0,625 |
| Компьютерное зрение | 0,09 | Оптимизация норм подчиненности | 0,096 |
| Машинное обучение | 0,25 | Повышение мультифункциональности | 0,086 |
| Математическая оптимизация | 0,6 | Укрупнение рабочих мест | 0,086 |
| | | Определение минимально необходимого объема | 0,14 |

Кроме того, что не для всех инструментов трудозатраты определяются в пересчете на количество персонала в подразделении, в ряде случаев существуют ограничения на очередность применения инструментов. Например, группа инструментов «Диагностика» должна применяться первой, и при этом инструменты другой группы не могут применяться одновременно с ней. Также в ряде случаев, в зависимости от типа компании, происходит адаптация инструментов. Например, для различных предприятий целесообразно использовать разные подходы к картированию потока, каждый из которых будет требовать разных трудозатрат. Такого рода ограничения являются нелинейными (т.к. требуют для своего описания формы «если-то»). Подобные ограничения задаются в виде правил, которые проверяются при математической оптимизации.

Полученные результаты и их обсуждение

Таким образом, на основании изложенного была сформулирована следующая система ограничений:

- набор правил для нелинейных ограничений;
- значение суммы FTE, необходимых для внедрения всех инструментов, позволяет своевременно завершить проект, задано выражением (4) (значение суммы длительностей внедрения всех инструментов не более допустимой длительности проекта);
- длительность внедрения каждого инструмента не более минимально необходимой длительности, задано выражением (6) (добавление дополнительных FTE при внедрении инструмента сокращает длительность его внедрения до определенного заданного предельного значения).

$$\sum_{i=1}^n \frac{k_i * FTEp_i}{f} \leq L, \tag{4}$$

где $FTEp_i$ — количество FTE, необходимое для внедрения инструментов i -ой группы, n — количество групп инструментов, f — количество людей, реализующих проект, L — длительность проекта (в годах).

Данное ограничение означает, что длительность внедрения всех пакетов инструментов не должна превышать максимально допустимую длительность проекта (все инструменты должны быть внедрены вовремя). $FTEp_i$ рассчитывается по формуле (5).

$$FTEp_i = \left(\sum_{j=1}^{q_i} FTEplan_{ij} \right) * K_{mru}, \quad K_{mru} = \frac{N}{225}, \quad (5)$$

где $FTEplan_{ij}$ — количество ФТЕ, необходимое для внедрения j -го инструмента из i -ой группы в пересчете на 1 MRU, q_i — количество инструментов в i -ой группе, N — количество людей в рассматриваемом подразделении.

При этом мы понимаем, что у каждого инструмента и соответственно группы инструментов есть минимальное время внедрения, которое не может быть уменьшено за счет привлечения дополнительных людей на его внедрение. Суммарная длительность внедрения инструментов не должна превышать длительность проекта. Для того, чтобы учесть это, добавлено ограничение (6).

$$\sum_{i=1}^n k_i * l_{i_{min}} \leq L, \quad (6)$$

где $l_{i_{min}}$ — минимальная длительность внедрения инструментов i -ой группы.

Выражение (7) означает, что подбираемые оптимальные значения коэффициентов использования групп лежат в диапазоне от 0 (инструменты группы не используются) до 1 (все инструменты группы используются). R — множество вещественных (действительных) чисел, к которым относятся и дробные числа.

$$k_i \in R; k_i \in [0; 1]. \quad (7)$$

Далее рассмотрим классификацию методов математической оптимизации выбора наиболее подходящего из них. Решение задачи оптимизации заключается в нахождении экстремального значения некоторой целевой функции в заданной области векторного пространства с учетом соблюдения ограничений, заданных линейными и нелинейными равенствами и неравенствами.

Существует множество видов задач и методов оптимизации, зависящих от целевой функции и допустимой области, которая определяется системой равенств и неравенств.

С точки зрения задачи оптимизации, методы делятся на локальные и глобальные. Локальные методы обеспечивают одно из возможных решений, но не гарантируют, что оно будет лучшим. Глобальные методы ориентированы на поиск лучшего решения за счет определения поведения целевой функции. В зависимости от используемого математического аппарата методы оптимизации могут быть разделены на три группы: детерминированные, случайные (стохастические) и комбинированные. На основе размерности допустимого множества значений, методы оптимизации подразделяются на одномерные и многомерные [9].

По виду целевой функции и функций ограничений задачи оптимизации также делятся на задачи линейного программирования и задачи нелинейного программирования [9]. В случае, когда функции имеют нелинейный характер, также возможны два варианта частных задач:

- задача выпуклого программирования, если целевая функция и ограничения — выпуклые функции;

- задача целочисленного программирования, если элементы множества оптимизируемых переменных могут принимать только целые значения (в том числе комбинаторная оптимизация).

С точки зрения требования по расчету производных методы подразделяются на прямые методы (методы нулевого порядка), которые требуют расчета целевой функции на каждой итерации, методы первого порядка, требующие знания первых частных производных и методы второго порядка, для которых необходим расчет вторых частных производных [9].

Метод математического программирования, который может быть использован для нахождения экстремума, полностью определяется классом задачи. Исходя из специфики конкретной задачи применяются соответствующие методы оптимизации. Наиболее известными и приме-

няемыми являются следующие подходы к решению задачи оптимизации: метод ветвей и границ, симплекс-метод, градиентный спуск, генетический алгоритм, алгоритм имитации отжига, жадный алгоритм, динамическое программирование, метод роя частиц, метод Хука-Дживса, COBYLA, муравьиный алгоритм [9].

Рассматриваемая задача оптимизации имеет нелинейный характер, что говорит о возможности поиска только локального оптимума. Кроме того, ввиду сложности ограничений и невозможности взять производную, в данном случае не могут быть применены методы первого и второго порядка. По этой причине могут быть использованы только методы нулевого порядка. При этом задача также не является комбинаторной. Кроме того, данная задача не является задачей целочисленного программирования. В этих условиях лучше всего себя зарекомендовал метод оптимизации COBYLA (от англ. Constraint Optimization by Linear Approximation — условная оптимизация с помощью линейной аппроксимации) [10].

COBYLA представляет собой метод численной оптимизации для задач с ограничениями, где производная целевой функции неизвестна. Данный метод работает за счет итеративного приближения реальной задачи оптимизации к задачам линейного программирования. Во время итерации решается аппроксимирующая задача линейного программирования, чтобы получить кандидата на оптимальное решение. Решение-кандидат оценивается с использованием исходных функций цели и ограничения, что дает новую точку данных в области оптимизации. Эта информация используется для улучшения аппроксимирующей задачи линейного программирования, используемой для следующей итерации алгоритма. Когда решение не может быть больше улучшено, размер шага уменьшается, уточняя поиск. Когда размер шага становится меньше заданного порогового значения, алгоритм завершает работу [10].

Для оценки эффективности разработанного подхода была выполнена оптимизация методов и практик 170 проектов, на основе которых осуществлялось построение целевой функции оптимизации. В результате для каждого проекта был получен оптимальный набор инструментов, позволяющий получить максимальный эффект $K' = k'_1, k'_2, \dots, k'_n$, где k'_i принимает значения в диапазоне от 0 до 1 (степень использования каждой группы инструментов).

Далее в каждом случае оценивалась близость полученных результатов оптимизации с фактически примененным набором инструментов. Для того чтобы измерить близость двух наборов коэффициентов использования групп инструментов, использовалось евклидово расстояние, которое представляет собой расстояние между двумя точками евклидова пространства, вычисляемое по теореме Пифагора. В данном случае точка имеет десять координат, соответствующих десяти значениям коэффициентов использования групп инструментов. В данном случае данная метрика рассчитывалась следующим образом:

$$E(K, K') = \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_i - k'_i)^2} = \sqrt{(k_1 - k'_1)^2 + (k_2 - k'_2)^2 + \dots + (k_n - k'_n)^2}, \quad (8)$$

где $E(K, K')$ — евклидово расстояния между двумя наборами коэффициентов использования групп инструментов, $K = k_1, k_2, \dots, k_n$ — набор коэффициентов использования групп инструментов, который был применен по факту, $K' = k'_1, k'_2, \dots, k'_n$ — набор групп инструментов, который был получен в результате оптимизации, n — количество групп, равное 10.

После нормализации эффекта от проекта и евклидова расстояния фактически использованных и оптимизированных групп инструментов в диапазоне от 0 до 1 была построена диаграмма рассеяния эффекта от проекта в зависимости от евклидова расстояния (рис. 2).

На полученной диаграмме прослеживается линия тренда (показана красным цветом), которая демонстрирует обратную зависимость эффекта от евклидова расстояния. Это говорит о том, что чем ближе фактически примененные группы инструментов к оптимальным (евклидово расстоя-

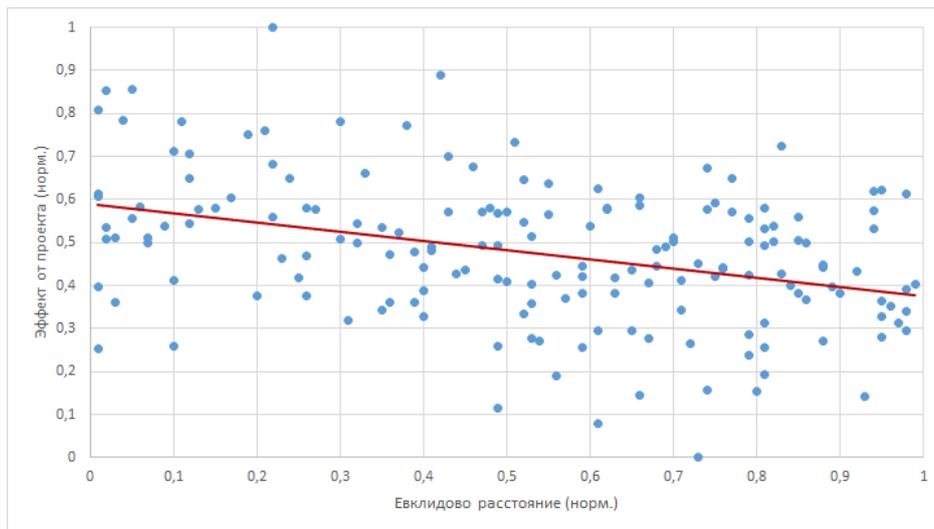


Рис. 2. Диаграмма рассеяния эффекта от проекта в зависимости от евклидова расстояния, построенная на нормализованных данных

Fig. 2. Scatter plot of project effect versus Euclidean distance plotted on normalized data

ние меньше), тем выше их эффект. Полученная линия тренда эффекта от проекта соответствует уравнению (9)

$$\text{Эффект от проекта} = -0,1724 * E(K, K') + 0,6652. \quad (9)$$

Данное уравнение показывает, что такой подход позволяет повысить эффект от проектов максимум на 17%, когда начальный перечень полностью не совпадает с оптимизированным. В среднем для большинства проектов (евклидово расстояние от 0,25 до 0,75) эта цифра варьируется в диапазоне от 7 до 10%.

Заключение

Разработанная методика позволяет определять эффективный набор инструментов повышения эффективности бизнес-системы, который позволит обеспечить максимальный эффект в условиях ограничений трудовых и временных ресурсов. Разработанная методика оптимизации набора инструментов для максимизации эффекта от трансформационного проекта является достаточно универсальной и может применяться в деятельности различных предприятий мультиотраслевой кластерной структуры в форме холдинга.

Направления дальнейших исследований авторы видят в апробации методики применительно к предприятиям различной отраслевой принадлежности, специализации и масштабам деятельности.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках выполнения исследований по проекту № 18-010-01119.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kumar B.S., Abuthakeer S.S.** Implementation of lean tools and techniques in an automotive industry. *Journal of Applied Sciences*, 2012, no. 12–10, pp. 1032–1037.

2. Глухов В.В., Балашова Е.С. Производственный менеджмент. Анатомия резервов. Lean production. СПб.: Лань, 2008. 352 с.
3. Prabhushankar G.V., Kruthika K., Pramanik S., Kadadevaramath R.S. Lean manufacturing system implementation in Indian automotive components manufacturing sector – an empirical study. *International Journal of Business and Systems Research*, 2012, no. 9–2, pp. 179–194.
4. Колобов А.В., Глухов В.В., Петреня Ю.К., Игумнов Е.М. Обеспечение устойчивости процесса развития бизнес-системы предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. № 5. С. 101–110. DOI: 10.18721/JE.11509
5. Горшков Р.К. Анализ существующих методов оценки конкурентоспособности предприятия // РИСК Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2014. № 2. С. 114–117.
6. Каменева Е.А. и др. Корпоративный рост: методология измерения и управленческий инструментарий (финансовый аспект). М.: Научные технологии, 2013. 315 с.
7. Глухов В.В., Петреня Ю.К., Шилин П.С. Выбор критериев для оценки эффективности инновационной деятельности энергомашиностроительного предприятия // Промышленная политика в цифровой экономике: проблемы и перспективы / Под. ред. А.В. Бабкина. СПб.: СПбПУ, 2017. С. 374–380.
8. Трифилова А.А. Анализ инновационного потенциала предприятия // Инновации. 2003. № 6. С. 67–72.
9. Conn A.R., Scheinberg K., Toint Ph.L. On the convergence of derivative-free methods for unconstrained optimization. Iserles A., Buhmann M. (Eds.). *Approximation theory and optimization: Tributes to M.J.D. Powell*. Cambridge University Press, 1997, pp. 83–108.
10. Powell M.J.D. A view of algorithms for optimization without derivatives. Report. Cambridge University, 2007. 12 p.
11. Бабкин А.В. Задачи принятия решений по развитию предпринимательских систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2013. № 3. С. 119–130.
12. Новиков О.А., Бабкин А.В. Анализ подходов и методов оценки инновационного потенциала предприятия // Научно-технические ведомости СПбПУ. Экономические науки. 2009. № 2–2. С. 193–204.
13. Davydenko I., Kolomytseva O. et al. Innovative potential: The main drivers of digital transformation. *New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED 2019)*, 2019, pp. 594–597. DOI: 10.2991/aebmr.k.200324.111
14. Левченко Т.П., Вареников В.А. Ресурсный подход как способ оценки инновационной активности предприятия // Науковедение. 2016. № 8–4.
15. Балашова Е.С., Майорова К.С. Развитие бизнес-процессов промышленного предприятия в условиях коммерциализации возобновляемых источников энергии // Противоречия и тенденции развития современного российского общества. М.: Московский университет имени С.Ю. Витте, 2019. С. 32–43.

REFERENCES

1. B.S. Kumar, S.S. Abuthakeer, Implementation of lean tools and techniques in an automotive industry. *Journal of Applied Sciences*, 2012, no. 12–10, pp. 1032–1037.
2. V.V. Glukhov, E.S. Balashova, Proizvodstvennyy menedzhment. Anatomiya rezervov. Lean production [Production management. Anatomy of reserves. Lean production]. St. Petersburg, Lan, 2008. 352 p. (rus)
3. G.V. Prabhushankar, K. Kruthika, S. Pramanik, R.S. Kadadevaramath, Lean manufacturing system implementation in Indian automotive components manufacturing sector – an empirical study. *International Journal of Business and Systems Research*, 2012, no. 9–2, pp. 179–194.
4. A.V. Kolobov, V.V. Glukhov, Yu.K. Petrenya, E.M. Igumnov, Ensuring stable development of business systems for enterprises. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2018, no. 5, pp. 101–110. (rus). DOI: 10.18721/JE.11509
5. R.K. Gorshkov, Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki konkurentosposobnosti predpriyatiya [Analysis of existing methods for assessing the competitiveness of an enterprise]. *RISK Resursy, informatiya, snabzheniye, konkurentsia*, 2014, no. 2, pp. 114–117. (rus)

6. **Kameneva et al.** Korporativnyy rost: metodologiya izmereniya i upravlencheskiy instrumentariy (finansovyy aspekt) [Corporate growth: measurement methodology and management tools (financial aspect)]. Moscow, Nauchnye tekhnologii, 2013. 315 p. (rus)
7. **V.V. Glukhov, Yu.K. Petrenya, P.S. Shilin,** Vybor kriteriyev dlya otsenki effektivnosti innovatsionnoy deyatel'nosti energomashinostroitelnogo predpriyatiya [Selection of criteria for assessing the effectiveness of innovative activities of an energy machine-building enterprise]. Babkin A.V. (Ed.). Promyshlennaya politika v tsifrovoy ekonomike: Problemy i perspektivy [Industrial policy in the digital economy: problems and prospects]. St. Petersburg, SPbPU, 2017, pp. 374–380. (rus)
8. **A.A. Trifilova,** Analiz innovatsionnogo potentsiala predpriyatiya [Analysis of the innovative potential of the enterprise]. Innovation, 2003, no. 6, pp. 67–72. (rus)
9. **A.R. Conn, K. Scheinberg, Ph.L. Toint,** On the convergence of derivative-free methods for unconstrained optimization. Iserles A., Buhmann M. (Eds.). Approximation theory and optimization: Tributes to M.J.D. Powell. Cambridge University Press, 1997, pp. 83–108.
10. **M.J.D. Powell,** A view of algorithms for optimization without derivatives. Report. Cambridge University, 2007. 12 p.
11. **A.V. Babkin,** The problem of decision making on the development of business systems. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2013, no. 3, pp. 119–130. (rus)
12. **O.A. Novikov, A.V. Babkin,** The analysis of approaches and methods of the estimation of innovative potential of the enterprise. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2009, no. 2–2, pp. 193–204. (rus)
13. **I. Davydenko, O. Kolomytseva et al.,** Innovative potential: The main drivers of digital transformation. New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED 2019), 2019, pp. 594–597. DOI: 10.2991/aebmr.k.200324.111
14. **T.P. Levchenko, V.A. Varenikov,** Resource-based approach to the estimation of innovative activity of an enterprise. Naukovedenie, 2016, no. 8–4. (rus)
15. **E.S. Balashova, K.S. Mayorova,** Razvitiye biznes-protsessov promyshlennogo predpriyatiya v usloviyakh kommersializatsii vozobnovlyayemykh istochnikov energii [Development of business processes of an industrial enterprise in the context of commercialization of renewable energy sources]. Protivorechiya i tendentsii razvitiya sovremennogo rossiyskogo obshchestva [Contradictions and development trends of modern Russian society]. Moscow, Moskovskiy universitet imeni S.Yu. Vitte, 2019, pp. 32–43. (rus)

Статья поступила в редакцию 19.10.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

ГЛУХОВ Владимир Викторович

E-mail: office.vicerektor.me@spbstu.ru

GLUKHOV Vladimir V.

E-mail: office.vicerektor.me@spbstu.ru

КОЛОБОВ Александр Владимирович

E-mail: avkolobov@severgroup.ru

KOLOBOV Aleksandr V.

E-mail: avkolobov@severgroup.ru

ИГУМНОВ Евгений Михайлович

E-mail: emigumnov@severstal.com

IGUMNOV Evgeny M.

E-mail: emigumnov@severstal.com

DOI: 10.18721/JE.13508
УДК 65.012.25

УСТОЙЧИВОСТЬ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Родионов Д.Г.¹, Алферьев Д.А.²

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация;

² Вологодский научный центр Российской академии наук,
Вологда, Российская Федерация

План производства является важнейшей частью системы оперативного и стратегического планирования функционирования промышленного предприятия, так как он затрагивает практически все аспекты его деятельности. При этом научно обоснованный оптимальный план производства обеспечивает существенное повышение эффективности деятельности предприятия. Авторами показано, что план производства может рассматриваться как составная часть бизнес-плана развития предприятия с широким комплексом мероприятий и, в более узком аспекте, применительно только к производственной деятельности. Задача формирования плана производства для одного вида продукции (новой или устаревшей) предполагает определение объемов выпуска данной продукции в течение заданного периода времени при заданных ресурсах. Более сложной и, как правило, существующей на практике является задача формирования плана производства для случая, когда предприятие одновременно выпускает инновационную (новую) и устаревшую продукцию. Авторами представлена и формализована задача формирования плана производства промышленного предприятия для одновременного выпуска инновационной и устаревшей продукции. Проведенный анализ публикаций и исследования авторов позволили установить эффективность применения инструментов линейного программирования для формирования плана производства предприятия. В соответствии с этим, целью исследования является формирование оптимального плана производства продукции промышленного предприятия и исследование его устойчивости относительно различных факторов. В статье в терминах линейного программирования представлена базовая математическая модель формирования плана производства для двух видов продукции. Продемонстрирован пример расчета дефицитных разделов плана производства по отношению к задействованным в производстве ресурсам и имеющимся в распоряжении промышленным мощностям. Показано, что использование оценок, полученных при формировании оптимального плана, позволяет определить границы изменения параметров целевой функции, а также границы погрешности для ресурсов-ограничений при условии сохранения сформированной оптимальной структуры плана производства. В свою очередь, это дает возможность разработать план производства, учитывающий возможные изменения при его реализации. В качестве направлений дальнейших исследований авторы видят решение задачи формирования планов производства промышленного предприятия при условии нелинейной целевой функции или ограничений модели.

Ключевые слова: линейное программирование, оптимизация, производство, инновационная продукция, промышленное предприятие, устойчивость, чувствительность

Ссылка при цитировании: Родионов Д.Г., Алферьев Д.А. Устойчивость оптимального плана производства инновационной продукции промышленного предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 106–119. DOI: 10.18721/JE.13508

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

SUSTAINABILITY OF THE OPTIMAL PLAN OF INNOVATIVE PRODUCTION OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

D.G. Rodionov¹, A.D. Alfer'yev²

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russian Federation;

² Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Vologda, Russian Federation

Production plan is the most important part of the system of operational and strategic planning of the functioning of an industrial enterprise, since it affects almost all aspects of its activities. Moreover, a scientifically grounded optimal production plan provides a significant increase in the efficiency of the enterprise. The authors show that the production plan can be considered as an integral part of the business plan for the development of an enterprise with a wide range of activities and, in a narrower aspect, applicable only to production activities. The task of forming a production plan for one type of product (new or outdated) involves determining the volume of output of this product within a given period of time and given resources. More complex and, as a rule, existing in practice is the task of forming a production plan for the case when an enterprise simultaneously produces both innovative (new) and outdated products. The authors presented and formalized the task of forming a production plan for an industrial enterprise simultaneously supplying both innovative and outdated products. The authors' analysis of publications and research made it possible to establish the effectiveness of the use of linear programming tools to form a production plan for an enterprise. Respectively, the purpose of the study is to form an optimal production plan for an industrial enterprise and to study its stability with respect to various factors. In the article, in terms of linear programming, the basic mathematical model for the formation of a production plan for two types of products is presented. An example of calculating the scarce sections of a production plan in relation to the resources involved in the production and the available industrial capacities is demonstrated. It is shown that the use of estimates obtained in the formation of the optimal plan allows one to determine the boundaries of change in the parameters of the objective function, as well as the boundaries of error for resource-constraints, provided that the formed optimal structure of the production plan is preserved. In turn, this makes it possible to develop a production plan that is resistant to possible changes during its implementation. As directions for further research, the authors see the need to solve the problem of forming production plans for an industrial enterprise under the condition of a nonlinear objective function or model limitations.

Keywords: linear programming, optimization, manufacturing, innovative products, industrial enterprise, sustainability, sensitivity

Citation: D.G. Rodionov, A.D. Alfer'yev, Sustainability of the optimal plan of innovative production of an industrial enterprise, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 106–119. DOI: 10.18721/JE.13508

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

План производства является важнейшей частью системы оперативного и стратегического планирования предприятия, так как он затрагивает практически все аспекты его деятельности. Научно обоснованный оптимальный план производства (производственный план) промышленного предприятия обеспечивает повышение эффективности его деятельности [2, 16, 18, 22, 23, 25]. План производства (производственный план) может рассматриваться как составная часть бизнес-плана развития предприятия. В этом случае план производства представляет собой комплекс различных мероприятий для обеспечения устойчивости и стабильности производства продукции на предприятии в течение определенного периода времени. К таким мероприятиям могут быть отнесены: обоснование требуемого объема ресурсов, наличие производственных мощностей, анализ имеющегося оборудования и технологий, обоснование потребностей в продукции, прогнозирование спроса на продукцию, планирование сбыта и объема продаж, планирование

загрузки производственных мощностей, анализ и обоснование штатной численности и квалификации персонала, контроль качества продукции, анализ и планирование затрат на производство и реализацию продукции.

Назовем задачу формирования такого плана производства *задачей 1*.

Кроме того, план производства (производственный план) может рассматриваться в более узком аспекте применительно только к производственной деятельности. В этом случае считается, что спрос на продукцию существует, потребности в выпускаемой продукции определены, имеются соответствующие производственные, технологические и человеческие ресурсы для организации производства и выпуска продукции.

Назовем задачу формирования такого плана производства *задачей 2*.

План производства, как правило, представляет собой документ, в котором закрепляются (обосновываются) основные показатели деятельности предприятия.

Если в плане производства отражается только производственная деятельность (план производства, рассматриваемый в более узком аспекте — задача 2), то в этом случае план производства представляет собой документ, в котором отражается объем производства и реализации продукции за определенный временной интервал соответствующей номенклатуры, ассортимента, качества и цены.

В статье авторы рассматривают формирование плана производства в формате задачи 2.

План производства разрабатывается:

- 1) в целом по предприятию и в разрезе его отдельных структурных подразделений (производства, цеха, участки);
- 2) по всей номенклатуре и ассортименту выпускаемой продукции;
- 3) по объемным показателям (объем выпускаемой продукции, объем требуемых ресурсов и т.д.);
- 4) по срокам.

Таким образом, основными показателями плана производства являются номенклатура, ассортимент и объем производства (выпуска) продукции. Объем выпуска продукции планируется в натуральных и стоимостных показателях (в объемных показателях).

На предприятии может выпускаться различная продукция с точки зрения ее новизны или инновационности. В соответствии со стандартами Федеральной службы государственной статистики под инновационной продукцией понимается продукция, которая производится и реализуется на рынке не более трех лет, или продукция, подвергавшаяся в течение последних трех лет разной степени технологическим изменениям¹. Будем называть такую продукцию *инновационной или новой*.

Соответственно, продукция, реализующаяся на рынке более трех лет и не подвергавшаяся разной степени технологическим изменениям, уже не является инновационной (новой). Такую продукцию в рамках данной статьи будем называть *устаревшей*, подчеркивая тем самым то, что она уже производилась на предприятии в течении определенного времени (более трех лет), и за это время морально устарела.

Задача формирования плана производства для одного вида продукции (новая или устаревшая) предполагает определение объемов выпуска данной продукции в течение заданного периода времени при заданных ресурсах. Решение задачи формирования плана производства в данном случае облегчается наличием одного вида продукции.

Более сложной и, как правило, существующей на практике является задача формирования плана производства для случая, когда предприятие одновременно выпускает и инновационную (новую) и устаревшую продукцию [3, 6, 10, 12, 17]. В этом случае решение задачи формирования плана производства предполагает определение объемов производства (выпуска) продукции раз-

¹ Объем инновационных товаров, работ, услуг // Официальный сайт Росстата. URL: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/business/nauka/minnov-3.htm

ных видов (новой и устаревшей) в течение заданного периода времени при заданных ресурсах. Понятно, что продукция будет отличаться по своим потребительским свойствам (предполагается, что инновационная продукция имеет более высокие потребительские свойства и пользуется большим спросом на рынке), требуемым ресурсам, затратам на производство и реализацию продукции. Соответственно, задача формирования плана производства и определения объемов выпуска продукции различных видов усложняется и требует принятия научно обоснованных решений на основе применения оптимизационных методов.

В соответствии с изложенным, представим объект, предмет, цель и задачи исследования.

Объектом исследования выступает производственное предприятие, осуществляющее выпуск продукции различных видов соответствующей номенклатуры и ассортимента. В качестве **предмета исследования** рассматривается план производства в формате задачи 2.

Необходимо отметить, что одной из проблем, снижающих качество плана производства, является обеспечение его устойчивости [5, 8, 20, 21, 24]. Таким образом, **целью исследования** является формирование оптимального плана производства продукции промышленного предприятия и исследование его устойчивости относительно различных факторов.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

- 1) сформулировать базовую задачу оптимизации плана производства для предприятия, производящего инновационную и устаревшую продукцию;
- 2) разработать оптимальный план производства продукции на примере решения базовой задачи;
- 3) провести оценку чувствительности модели к изменению параметров целевой функции и ее ограничений;
- 4) сформулировать выводы и рекомендации на основе результатов анализа чувствительности модели.

Постановка задачи и методы исследования

Анализ публикаций [4, 7, 9, 11–15, 19] и проведенные исследования авторов позволили установить эффективность применения инструментов линейного программирования для формирования плана производства предприятия. Метод линейного программирования позволяет не только оптимизировать значения плана производства, но также оценить изменения плана в случае изменения исходных данных (сокращение выделяемых ресурсов, изменение потребности в продукции, снижение качества и потребительских свойств продукции и т.д.), обусловленных как внешними воздействующими факторами, так и факторами внутренней среды предприятия.

Рассмотрим и формализуем задачу формирования плана производства продукции промышленного предприятия при условии наличия двух видов продукции — инновационной и устаревшей (задача 2). Для решения будем использовать метод линейного программирования, который обеспечивает нахождение оптимального решения (плана производства) [4, 5].

В базовом виде для решения задачи формирования плана производства может быть представлена целевая функция (1), обеспечивающая максимизацию объемов производства продукции:

$$F = x + y \rightarrow \max \quad (1)$$

где x — количество производимой инновационной (новой) продукции, выраженное в натуральных единицах, y — количество устаревшей продукции, выраженное в натуральных единицах.

Для наглядности рассмотрим задачу, сформулированную автором в работе [1]. В рамках данной задачи рассматривается предприятие, которое в соответствии с текущим техническим оснащением способно производить три типа инновационной продукции: изделие 1 типа 159Ч1400, изделие 2 типа 159Ч1600, изделие 3 типа 159Ч425.

Установлено, каждый из данных типов продукции будет успешно реализован на рынке в том объеме, который предприятие способно произвести. Также на предприятии выпускается устаревшая продукция — изделие 4.

Производственные мощности предприятия позволяют произвести изделие 1 в количестве 50 ед., изделие 2 — 40 ед., изделие 3 — 100 ед. Цех, производящий изделие 4, за год способен произвести 1000 ед. Минимальное количество выпускаемых изделий 4 составляет 200 ед.

Для изготовления инновационной продукции каждого из трех типов задействован условный производственный ресурс — усл. ед. Его расход на 1 ед. инновационной продукции для изделия 1 составляет 2 усл. ед., для изделия 2 — 4 усл. ед., для изделия 3 — 10 усл. ед., соответственно. Для производства устаревшей продукции расход ресурса на 1 единицу продукции составляет 0,5 усл. ед. При этом предельный расход данного ресурса составляет 1000 усл. ед. Известно также, что при изготовлении единицы каждого инновационного продукта необходимо затратить 2 ед. продукции из старого ассортимента ряда.

Требуется сформировать такой план производства продукции, который обеспечивает максимизацию объемов производства при наличии ограничений на объем ресурсов и производственные мощности предприятия. При этом полученные значения переменных должны быть целочисленными. Формализованная запись данной задачи выглядит следующим образом:

$$\text{Целевая функция:} \quad F = x_1 + x_2 + x_3 + y \rightarrow \max \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Ограничения:} \quad & 0 \leq x_1 \leq 50 \\ & 0 \leq x_2 \leq 40 \\ & 0 \leq x_3 \leq 100 \end{aligned} \quad (3)$$

$$200 \leq y \leq 1000$$

$$2x_1 + 4x_2 + 10x_3 + 0.5y \leq 1000 \quad (4)$$

$$2(x_1 + x_2 + x_3) \leq y - 200 \quad (5)$$

где (2) — целевая функция максимизации объемов производства; (3) — ограничения, обусловленные возможностью технологии и производственными мощностями; (4) и (5) — ограничения на использование ресурсов.

Переменные и символьные обозначения

x_i ; $i = \overline{1, 3}$ — количество производимой инновационной продукции i -го типа; y — количество производимой устаревшей продукции.

Результаты исследования

Оптимальное решение задачи, сформулированной при заданных исходных данных, представлено в табл. 1.

В соответствии с исходной задачей может быть представлена двойственная задача, которая представлена в табл. 2.

Таблица 1. Оптимальное решение задачи формирования плана производства
Table 1. Optimal solution to the optimization problem

| Наименование ограничения | Норматив расхода на изготовление | | | | Общий фактический расход | Ограничения |
|--|----------------------------------|-------|-------|------|--------------------------|-------------|
| | x_1 | x_2 | x_3 | y | | |
| Ресурс | 2 | 4 | 10 | 0.5 | 1000 | 1000 |
| Мощности для выпуска изделия 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 |
| Мощности для выпуска изделия 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 40 | 40 |
| Мощности для выпуска изделия 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 24 | 100 |
| Мощности для выпуска устаревшего изделия | 0 | 0 | 0 | 1 | 1000 | 1000 |
| y при x_i | 2 | 2 | 2 | 0 | 228 | 800 |
| Решение | | | | | | |
| Производство | 50 | 40 | 24 | 1000 | 1114 | max |

Таблица 2. Переход от прямой задачи к двойственной
Table 2. Transition from a direct task to a secondary one

| | | |
|--|-------------------|---|
| $x_1 + x_2 + x_3 + y \rightarrow \max$ | \leftrightarrow | $50c_1 + 40c_2 + 100c_3 + 200c_4 + 1000c_5 + 1000c_6 - 200c_7 \rightarrow \min$ |
| $x_1 \geq 0$ | \leftrightarrow | $c_1 + 2c_6 + 2c_7 \geq 1$ |
| $x_2 \geq 0$ | \leftrightarrow | $c_2 + 4c_6 + 2c_7 \geq 1$ |
| $x_3 \geq 0$ | \leftrightarrow | $c_3 + 10c_6 + 2c_7 \geq 1$ |
| $y \geq 0$ | \leftrightarrow | $c_4 + c_5 + 0.5c_6 - c_7 \geq 1$ |
| $x_1 \leq 50$ | \leftrightarrow | $c_1 \geq 0$ |
| $x_2 \leq 40$ | \leftrightarrow | $c_2 \geq 0$ |
| $x_3 \leq 100$ | \leftrightarrow | $c_3 \geq 0$ |
| $y \geq 200$ | \leftrightarrow | $c_4 \leq 0$ |
| $y \leq 1000$ | \leftrightarrow | $c_5 \geq 0$ |
| $2x_2 + 4x_3 + 10x_3 + 0.5y \leq 1000$ | \leftrightarrow | $c_6 \geq 0$ |
| $2(x_1 + x_2 + x_3) \leq y - 200$ | \leftrightarrow | $c_7 \geq 0$ |

где \leftrightarrow — символ сопряжения неравенств прямой и двойственной задач.

Из таблицы и условий прямой задачи сформируем матрицы пересчета для двойственной задачи (в базис оптимального плана вошли следующие переменные $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_7, x_8, x_{11}\}$):

$$P = (1, 1, 1, 1, 0, 0, 0);$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & 10 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow A^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.2 & -0.4 & 0 & 0 & -0.5 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 1 & 0 & 0.05 & -0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ -1.6 & -1.2 & 0 & 0 & 1.1 & -0.2 & 0 \end{pmatrix}.$$

Из теоремы двойственности следует, что $C_{\text{опт}} = PA^{-1}$. В этом случае оптимальный план применительно к двойственной задаче примет вид:

$$c_1 = 0.8; c_2 = 0.6; c_3 = 0; c_4 = 0; c_5 = 0.95; c_6 = 0.1; c_7 = 0.$$

В соответствии с полученными решениями могут быть определены дефицитные и избыточные ресурсы. Для этого результаты определения оптимального плана для прямой задачи подставим в систему имеющихся ограничений:

$$x_1 = 50 \mid \Rightarrow 50 = 50; \tag{6}$$

$$x_2 = 40 \mid \Rightarrow 40 = 40; \tag{7}$$

$$x_3 = 24 \mid \Rightarrow 24 < 100; \tag{8}$$

$$y = 1000 \mid \Rightarrow 200 < 1000 = 1000; \tag{9}$$

$$2x_1 + 4x_2 + 10x_3 + 0.5y = 2 \cdot 50 + 4 \cdot 40 + 10 \cdot 24 + 0.5 \cdot 1000 = 1000 \mid \Rightarrow 1000 = 1000; \tag{10}$$

$$2x_1 + 2x_2 + 2x_3 - y = 2 \cdot 50 + 2 \cdot 40 + 2 \cdot 24 - 1000 = -772 \mid \Rightarrow -772 < 200. \tag{11}$$

6-е, 7-е и 10-е ограничения выполняются как равенства, что указывает на полное использование данных ресурсов (изделие 1, изделие 2, а также ресурс для изготовления всех видов продукции, производимых промышленным предприятием) при оптимальном плане. Из этого следует, что их обоснование определяется дефицитом, в связи с чем они не могут быть использованы для какой-либо сторонней реализации (например, продажи или сдачи в аренду).

Ограничения вида (8) и (11) выполняются как неравенства (изделие 3 и устаревшая продукция). Это указывает на потенциальный резерв производства, который может использоваться для развития предприятия и повышения эффективности. Потенциальный резерв изделия 3 составляет $100 - 24 = 76$ нереализованных единиц продукции, которые предприятие может реализовать при выполнении дополнительных условий либо при другой комбинации исходных данных. Исходя из условий задачи, препятствующими ограничениями могут выступать задействованный

ресурс и устаревшая продукция, так как их использование непосредственно затронуто при изготовлении изделия 3.

Необходимо отметить резерв, обусловленный 10-м ограничением. Согласно расчету, он составляет $-200 - (-772) = 572$, т.е. в соответствии с определенным оптимальным планом в запасе остается 572 единицы устаревшей продукции, которые, как было отмечено выше, могут быть использованы при задействовании недоиспользованных мощностей по изделию 3. Норматив на производство одного изделия 3 в номенклатуре устаревшей продукции составляет 2 ед. Итого $76 \cdot 2 = 152$ ед. устаревшей продукции необходимы промышленному предприятию, чтобы в полной мере реализовать производственные мощности по изготовлению инновационной продукции. Из этого также следует, что $572 - 152 = 420$ единиц устаревшей продукции остается у предприятия при полной реализации имеющихся в его распоряжении мощностей. Соответственно, они могут быть использованы как для реализации, так и для обеспечения дополнительных единиц инновационной продукции в случае расширения производства продукции изделий 1, 2 или 3.

Еще одна особенность, которую следует выделить при проведении анализа и определении дефицитных или избыточных ресурсов — это наличие двойного неравенства, обуславливающего производство продукции типа y . По своей экономической сущности это более детальная корректировка неотрицательности производимой продукции ($y \geq 0 \mid \Rightarrow y \geq 200$). Тем не менее, резерва ресурсов при этом не имеется. Об этом свидетельствует равенство $y = 1000$ (верхняя граница ресурсов для устаревшей продукции).

На основании изложенного может быть сформулирован регламент условий, которые обуславливают два варианта развития событий при наличии оптимального плана производства:

- если выполняется математическое ограничение условного вида *фактическое производство* > *норматив*, то есть резерв производимой продукции. В этом случае следует обратить внимание на ее возможную реализацию, акцентировать внимание на расширение клиентской базы, выход на новые рынки сбыта;

- если выполняется математическое ограничение условного вида *фактическое производство* < *норматив*, то есть резерв незадействованных производственных мощностей. Так как план производства является оптимальным, то при имеющихся ограничениях эти резервы задействовать невозможно. Или, если сформулировать точнее, это нельзя осуществить без изменения комбинации продукции, определенной к выпуску. В этом случае необходимо реализовать процесс, направленный либо на дальнейшее развитие производственных мощностей предприятия, либо на ликвидацию незадействованных мощностей (их деактивация с дальнейшей продажей, либо сдачей в лизинг) с целью сокращения издержек на их содержание и обслуживание.

Значения переменных для оптимального решения двойственной задачи (c_i) представляют собой оценки объектов исходной задачи. Их можно представить через частную производную оптимального значения целевой функции по i -му виду продукции или, иначе говоря, это будет скорость изменения оптимального локального значения при изменении i -го вида продукции:

$$c_i = \frac{\partial F_i}{\partial b_i},$$

$$\partial F_i \approx \Delta F_i, \partial b_i \approx \Delta b_i \mid \Rightarrow \Delta F \approx c_i \Delta b_i.$$

Выражение (12) показывает, что при изменении i -го вида продукции значение целевой функции является линейной функцией от его приращения. При этом коэффициентом выступает c_i . Соответственно, если c_i имеет малое значение, то рост i -го вида продукции будет в незначительной мере увеличивать значение целевой функции, из чего можно сделать вывод, что ценность

i -го вида продукции невелика. Если $c_i = 0$, то увеличение i -го ресурса оставит значение целевой функции без изменения, следовательно, его ценность равна нулю. И, наконец, если c_i велико, то даже при незначительном изменении i -го вида продукции значение целевой функции увеличится значительно. Ценность подобного ресурса будет являться наибольшей.

В соответствии с целевой функцией двойственной задачи ($50c_1 + 40c_2 + 100c_3 + 200c_4 + 1000c_5 + 1000c_6 - 200c_7 \rightarrow \min$) и полученными при этом оценкам $C = \{c_1 = 0.8; c_2 = 0.6; c_3 = 0; c_4 = 0; c_5 = 0.95; c_6 = 0.1; c_7 = 0\}$ могут быть проранжированы дефицитные ресурсы в порядке их убывания. В данном случае подобной продукцией является продукция изделий 1 и 2, а также устаревшая продукция и задействованный в работе производственный ресурс. Это обусловлено тем, что их использование полностью удовлетворяет верхнюю границу ограничений. Подставив оценки C в целевую функцию двойственной задачи, получим:

$$50 \cdot 0.8 + 40 \cdot 0.6 + 100 \cdot 0 + 200 \cdot 0 + 1000 \cdot 0.95 + 1000 \cdot 0.1 - 200 \cdot 0 = 40 + 24 + 950 + 100 = 1114.$$

Исходя из полученного результата, можно сделать вывод, что наибольший вклад ($c_5 b_5$) внесен за счет устаревшей продукции. Затем в соответствии с полученным распределением рассматривается используемый ресурс ($c_6 b_6$) изделия 1 (x_1) и, наконец, изделия 2 (x_2). Но если проиллюстрировать распределение в соответствии с полученными оценками оптимального плана двойственной задачи, то наибольший вклад в целевую функцию, как и прежде, вносит продукция старого типа ($c_5 = 0.95$), а затем идут оценки инновационной продукции изделий 1 и 2 ($c_1 = 0.8, c_2 = 0.6$). При этом их оценки довольно высокие в сравнении с продукцией-лидером, что указывает на высокий вклад при изменении условий задачи при данных ограничениях. Используемый ресурс хоть и имеет положительную оценку, но данная оценка в сравнении с остальными менее значима. Второй по значимости фактический вклад в максимизацию целевой функции удалось внести за счет больших объемов реализации. В будущем при расширении производственных мощностей предприятия его дополнительная реализация должна быть в изделиях менее значимых.

Симплекс-таблицу (табл. 1) можно также использовать для проведения анализа чувствительности (устойчивости) модели и полученного решения задачи линейного программирования.

Анализ чувствительности проводится по 2 направлениям:

- 1) определение чувствительности к изменению коэффициентов целевой функции;
- 2) определение чувствительности к изменению запасов ресурсов.

Проведем оценку чувствительности к изменению коэффициентов целевой функции. Так как изменения коэффициентов целевой функции оказывают непосредственное влияние на оптимизацию всего плана производства, то перед предприятием возникает задача определения диапазонов изменения данных коэффициентов, что позволит, в свою очередь, более гибко и оперативно контролировать производственный процесс. Для их поиска введем обозначение $\Delta\alpha_1$. В соответствие с выражением $C_{\text{опт}} = PA^{-1}$ может быть сформировано условие устойчивости:

$$\begin{cases} \Delta\alpha_1 - 0.2\Delta\alpha_3 + 0.8 \geq 0, \\ \Delta\alpha_2 - 0.4\Delta\alpha_3 + 0.6 \geq 0, \\ -0.05\Delta\alpha_3 + \Delta\alpha_4 + 0.95 \geq 0, \\ 0.1\Delta\alpha_3 + 0.1 \geq 0. \end{cases}$$

Для нахождения границ рассматриваемых оценок последовательно будем приравнивать значения $\Delta\alpha_1$ к нулю, кроме одного:

$$\Delta\alpha_1 \neq 0, \Delta\alpha_2 = \Delta\alpha_3 = \Delta\alpha_4 = 0, \text{ тогда}$$

$$\Delta\alpha_1 \geq -0.8.$$

Из этого следует, что коэффициент перед переменной x_1 при сохранении структуры имеющегося оптимального плана может находиться в полуинтервале $[1-0.8; 1+\infty) = [0.2; \infty)$. В этом случае значения полученных переменных будут отражать тот уровень производства, который был получен при решении прямой задачи. Аналогичным образом найдем границы потенциального изменения коэффициентов для оставшихся в целевой функции переменных.

$$x_2 \in [0.4; \infty),$$

$$y \in [0.05; \infty).$$

Интересным случаем является анализ границ коэффициентов для переменной x_3 . Она фигурирует в четырех имеющихся условиях. В этом случае будет получено четыре различных неравенства: $\Delta\alpha_3 \leq 4$, $\Delta\alpha_3 \leq 1.5$, $\Delta\alpha_3 \leq 19$, $\Delta\alpha_3 \geq -1$. Исходя из этого, значения коэффициента перед переменной x_3 будут находиться в интервале $[0; 2.5]$. Так как имеется условие, что величина Δ должна быть меньше определенного значения, это обуславливает появление верхнего порога. Соответственно, из имеющихся трех вариантов берется тот, который имеет наименьшее значение.

В итоге можно отметить, что более обусловленным является выпуск изделия 3. Это указывает на отсутствие полной незагрузки мощностей по этой продукции. В случае повышения ее цены в производстве структура оптимизационного плана будет изменяться, так как имеющиеся ресурсы будут перераспределены на перспективную продукцию. Для данных условий следует обратить внимание на развитие производства, о чем также ранее было сказано при определении избыточности мощностей при выполнении условия общего вида *фактическое производство < норматив*.

Проведем оценку чувствительности к изменению ограничений. Аналогично коэффициентам целевой функции может быть определена граница для изменения начальных ограничений, при которых структура (решение) оптимального плана останется неизменной. Искомый диапазон определяется посредством базисных переменных, вошедших в оптимальный план двойственной задачи и обратной матрицы A^{-1} .

Система неравенств примет следующий вид:

$$\begin{cases} \Delta b_1 + 50 \geq 0, \\ \Delta b_2 + 40 \geq 0, \\ -0.2\Delta b_1 - 0.4\Delta b_2 - 0.05\Delta b_3 + 0.1b_6 + 24 \geq 0, \\ \Delta b_3 + 1000 \geq 0, \\ 0.2\Delta b_1 + 0.4\Delta b_2 + \Delta b_3 + 0.05\Delta b_5 - 0.1\Delta b_6 + 76 \geq 0, \\ -\Delta b_4 - \Delta b_3 + 800 \geq 0, \\ -1.6\Delta b_1 - 1.2\Delta b_2 + 1.1\Delta b_3 - 0.2\Delta b_6 + \Delta b_7 + 572 \geq 0. \end{cases}$$

По аналогичной схеме, как и в случае с оценками целевой функции, последовательно будем приравнять переменную Δb_i к нулю, кроме одного единственного варианта:

$$\Delta b_1 \neq 0, \Delta b_2 = \Delta b_3 = \Delta b_4 = \Delta b_5 = \Delta b_6 = \Delta b_7 = 0,$$

тогда

$$\Delta b_1 \geq -50, \Delta b_1 \geq -380, \Delta b_1 \leq 120, \Delta b_1 \leq 375.5.$$

Из представленных расчетов следует: $b_1 \in [0, 170]$.

В этом случае при условии неизменности прочих ограничений может быть сохранено достигнутое максимальное значение целевой функции. Для прочих переменных b_i интервалы будут выглядеть следующим образом:

$$b_2 \in [0, 100],$$

$$b_3 \in [24, \infty],$$

$$b_4 \in (\infty, 1000],$$

$$b_5 \in [480, 1480],$$

$$b_6 \in [760, 1760],$$

$$b_7 \in [-772, \infty).$$

Заключение

Таким образом, на основании представленных результатов можно сделать ряд выводов.

1. Применение инструментария линейного программирования позволяет сформировать производственный план, в структуру которого включается как инновационная (новая) продукция, так и устаревшая продукция, которая выпускается на предприятии более трех лет. Это позволяет внедрять в технологические цепочки новые проекты по производству продукции и оптимизировать ресурсы на их реализацию.

2. В соответствии с полученными оценками оптимального производственного плана могут быть определены дефицитные разделы плана, выраженные как в виде недостатка имеющихся ресурсов и, соответственно, недозагруженных производственных мощностей, так и в виде отсутствия необходимых производственных мощностей, необходимых для производства дополнительных изделий. В свою очередь, понимание данной ситуации позволит предприятию выбрать эффективные направления вложения средств для его развития.

3. Использование оценок, полученных при формировании оптимального плана, позволяет определить границы изменения параметров целевой функции, а также границы погрешности для ресурсов-ограничений при условии сохранения сформированной оптимальной структуры плана производства. В свою очередь, это дает возможность разработать план производства устойчивым при потенциальных изменениях в ходе его реализации.

В качестве направлений дальнейших исследований авторы видят решение задачи формирования планов производства промышленного предприятия при условии нелинейной целевой функции или ограничений модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферьев Д.А. Планирование производства инновационной продукции на основе линейного программирования // Проблемы развития территории. 2017. № 2(88). С. 165–176.
2. Алферьев Д.А., Кремин А.Е. Многоцелевая оптимизация программы выпуска продукции // Вестник университета. 2019. № 12. С. 92–101. DOI: 10.26425/1816-4277-2019-12-92-101
3. Афанасьев М.Ю., Суворов Б.П. Исследование операций в конкретных ситуациях. М.: ТЕИС, 1999. 87 с.

4. **Банди Б.** Основы линейного программирования. М.: Радио и связь, 1989. 176 с.
5. **Городжий А.В., Агишева Д.К. и др.** Линейное программирование. Проведение анализа устойчивости найденных оптимальных оценок // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5–2. С. 189–190.
6. **Дорошенко Ю.Н., Дубровин В.И.** Система управления качеством промышленного предприятия // Радиоэлектроника, информатика, управління. 2000. № 1. С. 142–148.
7. **Зяц О.И., Макаров В.М., Семенова С.В.** Метод оптимизации резервного запаса // Логистика и управление цепями поставок. 2005. № 5(10). С. 56–73.
8. **Иваницкий Е.** Анализ чувствительности задачи линейного программирования // Новости науки в АПК. 2019. № 3(12). С. 556–560. DOI: 10.25930/2218-855X/138.3.12.2019
9. **Канторович Л.В.** Математико-экономические работы. Новосибирск: Наука, 2011. 760 с.
10. **Кацко И.А.** Этапы построения математических моделей для управления в социально-экономических системах // Экономический вестник Ростовского государственного университета. 2008. № 1–3. С. 165–168.
11. **Maraxovskij A.S., Babkin A.V., Shiryayeva N.V.** Optimal control over unstable macroeconomic systems. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2015, no. 2, pp. 18–24. DOI: 10.5862/JE.216.2
12. **Машунин Ю.К.** Моделирование и программная реализация инновационного развития промышленного предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2016. № 3. С. 78–92. DOI: 10.5862/JE.245.8
13. **Новожилов В.В.** Проблемы измерения затрат и результатов для оптимального планирования. М.: Наука, 1972. 432 с.
14. **Радаев А.Е., Кобзев В.В.** Оптимизационная модель обоснования состава парка средств межцехового транспорта для обслуживания производственно-складской системы предприятия // Организатор производства. 2016. № 2(69). С. 93–100.
15. **Радаев А.Е., Левенцов В.А., Кобзев В.В.** Оптимизационные модели обоснования характеристик системы управления многономенклатурными запасами на промышленном предприятии // Логистика и управление цепями поставок. 2017. № 3(80). С. 4–20.
16. **Рогулин Р.С.** Построение нетривиальной экономико-математической модели для менеджмента производственных организаций // Российский экономический журнал. 2020. № 1. С. 108–116. DOI: 10.33983/0130-9757-2020-1-108-116
17. **Родионов Д.Г., Николова Л.В.** Системная оптимизация риска инновационной программы региона // Реструктуризация экономики и инженерное образование: проблемы и перспективы развития. Сборник трудов научно-практической конференции с международным участием. СПб.: СПбПУ, 2015. С. 78–86.
18. **Amole B.B., Adebisi S.O., Misbaudeen O.** Production planning in the Nigerian detergent producing firm: A linear programming method. Fountain University Journal of Management and Social Sciences, 2016, no. 5(1), pp. 74–87.
19. **Danø S.** Linear programming in industry. Theory and applications. An introduction. Vienna, Springer, 1965. DOI: 10.1007/978-3-7091-3453-5
20. **Higle J.L., Wallace S.W.** Sensitivity analysis and uncertainty in linear programming. Journal on Applied Analytics, 2003, no. 33–4. DOI: 10.1287/inte.33.4.53.16370
21. **Khan I.U., Bajuri N.H., Jadoon I.A.** Optimal production planning for ICI Pakistan using linear programming and sensitivity analysis. International Journal of Business and Social Science, 2011, no. 2–23, pp. 206–212.
22. **Krynke M., Mielczarek K.** Applications of linear programming to optimize the cost-benefit criterion in production processes. MATEC Web of Conferences, 2018, no. 183, 04004. DOI: 10.1051/matec-conf/201818304004
23. **Oladejo N.K.** Application of optimization principle in Landmark University project selection under multi-period capital rationing using linear and integer programming. Open Journal of Optimization, 2019, no. 8–3, pp. 73–82. DOI: 10.4236/ojop.2019.83007
24. **Prasetyani R., Rafsanjani A.Y., Rimantho D.** Optimization benefits analysis in production process of fabrication components. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 2017, no. 277, 012038. DOI: 10.1088/1757-899X/277/1/012038
25. **Woubante G.W.** The Optimization problem of product mix and linear programming applications: Case study in the apparel industry. Open Science Journal, 2017, no. 2–2. DOI: 10.23954/osj.v2i2.853

REFERENCES

1. **D.A. Alfer'ev**, Planning the production of innovative products based on linear programming. Problems of Territory's Development, 2017, no. 2(88), pp. 165–176. (rus)
2. **D.A. Alferev, A.E. Kremin**, Multi-purpose optimization of the product release program. Vestnik Universiteta, 2019, no. 1(12), pp. 92–101. (rus). DOI: 10.26425/1816-4277-2019-12-92-101
3. **M.Yu. Afanasyev, B.P. Suvorov**, Issledovaniye operatsiy v konkretnykh situatsiyakh [Research of operations in specific situations]. Moscow, TEIS, 1999. 87 p. (rus)
4. **B. Bandi**, Osnovy lineynogo programmirovaniya [Fundamentals of linear programming]. Moscow, Radio and communication, 1989. 176 p. (rus)
5. **A.V. Gorodzhiiy, D.K. Agisheva, et al.**, Lineynoye programmirovaniye. Provedeniye analiza ustoychivosti naydennykh optimal'nykh otsenok [Linear programming. Analysis of the stability of the optimal estimates found]. Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii, 2014, no. 5–2, pp. 189–190. (rus)
6. **Yu.N. Doroshenko, V.I. Dubrovin**, Sistema upravleniya kachestvom promyshlennogo predpriyatiya [Industrial enterprise quality management system]. Radio Electronic, Computer Science, Control, 2000, no. 1, pp. 142–148. (rus)
7. **O.I. Zayats, V.M. Makarov, S.V. Semenova**, Safety stock optimization method. Logistics and supply chain management, 2005, no. 5(10), pp. 56–73. (rus)
8. **E. Ivanitsky**, Sensitivity analysis of linear programming problem. Novosti nauki v APK, 2019, no. 3(12), pp. 556–560. (rus). DOI: 10.25930/2218-855X/138.3.12.2019
9. **L.V. Kantorovich**, Matematiko-ekonomicheskiye raboty [Mathematical and economic works]. Novosibirsk, Science, 2011. 760 p. (rus)
10. **I.A. Katsko**, Etapy postroyeniya matematicheskikh dlya upravleniya v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh modeley [Stages of constructing mathematical models for management in socio-economic systems]. Ekonomicheskiy vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2008, no. 1–3, pp. 165–168. (rus)
11. **A.S. Maraxovskij, A.V. Babkin, N.V. Shiryayeva**, Optimal control over unstable macroeconomic systems. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2015, no. 2, pp. 18–24. DOI: 10.5862/JE.216.2
12. **Yu.K. Mashunin**, Modeling and software implementation of innovative development of the industrial enterprise. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2016, no. 3, pp. 78–92. (rus). DOI: 10.5862/JE.245.8
13. **V.V. Novozhilov**, Problemy izmereniya i rezultatov dlya optimalnogo planirovaniya [Measurement and results issues for optimal planning]. Moscow, Science, 1972. 432 p. (rus)
14. **A.E. Radaev, V.V. Kobzev**, Optimization model for substantiating the composition of the fleet of interdepartmental transport means for servicing the production and warehouse system of an enterprise. Production organizer, 2016, no. 2(69), pp. 93–100. (rus)
15. **A.E. Radaev, V.A. Leventsov, V.V. Kobzev**, Optimization models for substantiating the characteristics of a multi-product inventory management system at an industrial enterprise. Logistics and supply chain management, 2017, no. 3(80), pp. 4–20. (rus)
16. **R.S. Rogulin**, Building a non-trivial economic and mathematical model for management of production organizations. Russian Economic Journal, 2020, no. 1, pp. 108–116. (rus). DOI: 10.33983/0130-9757-2020-1-108-116
17. **D.G. Rodionov, L.V. Nikolova**, Systemic optimization of the risk of the regional innovation program. Economic restructuring and engineering education: problems and development prospects. Proceedings of a scientific and practical conference with international participation. St. Petersburg, SPbPU, 2015, pp. 78–86. (rus)
18. **B.B. Amole, S.O. Adebiyi, O. Misbaudeen**, Production planning in the Nigerian detergent producing firm: A linear programming method. Fountain University Journal of Management and Social Sciences, 2016, no. 5(1), pp. 74–87.
19. **S. Danø**, Linear programming in industry. Theory and applications. An introduction. Vienna, Springer, 1965. DOI: 10.1007/978-3-7091-3453-5
20. **J.L. Higle, S.W. Wallace**, Sensitivity analysis and uncertainty in linear programming. Journal on Applied Analytics, 2003, no. 33–4. DOI: 10.1287/inte.33.4.53.16370
21. **I.U. Khan, N.H. Bajuri, I.A. Jadoon**, Optimal production planning for ICI Pakistan using linear programming and sensitivity analysis. International Journal of Business and Social Science, 2011, no. 2–23, pp. 206–212.

22. **M. Krynke, K. Mielczarek**, Applications of linear programming to optimize the cost-benefit criterion in production processes. MATEC Web of Conferences, 2018, no. 183, 04004. DOI: 10.1051/matec-conf/201818304004

23. **N.K. Oladejo**, Application of optimization principle in Landmark University project selection under multi-period capital rationing using linear and integer programming. Open Journal of Optimization, 2019, no. 8–3, pp. 73–82. DOI: 10.4236/ojop.2019.83007

24. **R. Prasetyani, A.Y. Rafsanjani, D. Rimantho**, Optimization benefits analysis in production process of fabrication components. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 2017, no. 277, 012038. DOI: 10.1088/1757-899X/277/1/012038

25. **G.W. Woubante**, The Optimization problem of product mix and linear programming applications: Case study in the apparel industry. Open Science Journal, 2017, no. 2–2. DOI: 10.23954/osj.v2i2.853

Статья поступила в редакцию 08.09.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

РОДИОНОВ Дмитрий Григорьевич

E-mail: drodionov@spbstu.ru

RODIONOV Dmitry G.

E-mail: drodionov@spbstu.ru

АЛФЕРЬЕВ Дмитрий Александрович

E-mail: alferev_1991@mail.ru

ALFER'YEV Dmitriy A.

E-mail: alferev_1991@mail.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13509
УДК 657.312

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА В ТРАНСФОРМИРУЕМОЙ ЭКОНОМИКЕ

Нечухина Н.С., Мустафина О.В.

ФГБОУ ВО Уральский государственный экономический университет,
Екатеринбург, Российская Федерация

В данной статье на примере Свердловской области рассматриваются актуальные тенденции развития регионального (территориального) российского потребительского рынка в условиях трансформации современной экономики. Нынешнее социально-экономическое развитие территорий характеризуется особым уровнем развития различных сегментов потребительского рынка и системой индикаторов, позволяющих получить реальную картину социально-экономического развития и благосостояния территории (региона). Авторами статьи доказывается, что потребительский рынок — важная сфера экономики любого государства, он является связующим звеном потребления и производства, балансирует спрос и предложение. Современный потребительский рынок — это особая форма организации бизнеса, которая развивается в условиях высокой конкуренции, при этом способствует удовлетворению амбициозных потребностей собственников бизнеса. Актуальность выбранного направления исследования определяется значимой ролью сегментов потребительского рынка в развитии отраслей экономики как отдельной территории, так и государства в целом. С точки зрения экономической концепции переходного периода, потребительский рынок — это обратная сторона товарного производства, основа рыночного хозяйства. Это и обусловило необходимость для более глубокого анализа вопросов, связанных с мониторингом эффективности развития сегментов потребительского рынка региона. Целью проведенных исследований являлась выработка авторской концептуальной позиции по экономическому развитию сегментов потребительского рынка, позволяющей всесторонне оценить потенциал стратегического развития как экономики региона в целом, так и отдельных отраслевых сегментов отдельно взятого субъекта. На основании представленных статистических данных проанализировано современное состояние и развитие потребительского рынка с учетом сложившихся экономических условий хозяйствования региона. Авторами изучены и обобщены теоретические позиции ведущих ученых относительно показателей, позволяющих всесторонне охарактеризовать уровень и потенциал развития экономических субъектов потребительского рынка. В результате исследования выработана концептуальная позиция по набору финансовых инструментов, позволяющих всесторонне оценить результаты финансово-хозяйственной деятельности, а также стратегические возможности отдельных экономических субъектов и отраслевых сегментов потребительского рынка региона.

Ключевые слова: экономический субъект, сегменты потребительского рынка, макроэкономические показатели, финансовые показатели, финансовые сегменты потребительского рынка, макроэкономические показатели, финансовые показатели, финансовая составляющая, розничный сегмент, услуги

Ссылка при цитировании: Нечухина Н.С., Мустафина О.В. Инструментарий исследования и оценки потенциала потребительского рынка в трансформируемой экономике // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 120–135. DOI: 10.18721/JE.13509

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

TOOLS FOR RESEARCH AND ASSESSMENT OF THE CONSUMER MARKET POTENTIAL IN A TRANSFORMED ECONOMY

N.S. Necheukhina, O.V. Mustafina

Ural State University of Economics,
Ekaterinburg, Russian Federation

This article discusses current trends in the development of the regional (territorial) consumer market in the context of the transformation of the modern economy using Sverdlovsk Oblast as an example. The current socio-economic development of Russian territories is characterized by a special level of development of various segments of the consumer market and by a system of indicators that allow to get a real picture of the socio-economic development and well-being of the territory (region). The authors of the article prove that the consumer market is an important sphere of the economy of any state and a link between consumption and production balancing supply and demand. The modern consumer market is a special form of business organization developing in a highly competitive environment, while meeting the ambitious needs of business owners. The relevance of the chosen research direction is determined by the significant role of segments of the consumer market in the development of economic sectors, both in a separate territory and in the state as a whole. From the point of view of the economic concept of the transition period, the consumer market is the reverse side of commodity production, the basis of the market economy. This led to the need for a more in-depth analysis of issues related to monitoring the effectiveness of the development of segments of the consumer market in the region. The purpose of the research was to develop the authors' conceptual position on the economic development of segments of the consumer market, which allows a comprehensive assessment of the potential for strategic development of the regional economy as a whole, and individual industry segments of a single subject. Based on the presented statistical data, the current state and development of the consumer market is analyzed, taking into account the current economic conditions of the region. The authors have sufficiently studied and summarized the theoretical positions of leading scientists regarding indicators that allow us to comprehensively characterize the level and development potential of economic entities in the consumer market. The study developed a conceptual position on a set of financial tools allowing to evaluate the results of financial and economic activities, as well as strategic opportunities of separate economic entities and industry segments of the consumer market of the region.

Keywords: coeconomic entity, consumer market segments, macroeconomic indicators, financial indicators, financial component, retail segment, consumer market segments, macroeconomic indicators, financial indicators, financial component, retail segment, services

Citation: N.S. Necheukhina, O.V. Mustafina, Tools for research and assessment of the consumer market potential in a transformed economy, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 120–135. DOI: 10.18721/JE.13509

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

В сложившихся кризисных экономических условиях, с появлением нового вызова глобальной экономике, особую роль приобретает правильный выбор экономических рычагов и эффективных действий, которые смогут обеспечить выход экономики России на траекторию устойчивого экономического развития. В этих условиях следует развивать региональные (территориальные) потребительские рынки, что будет являться важнейшим компонентом процесса трансформации экономики. На законодательном уровне разработаны нормативные акты, регулирующие вопросы финансово-хозяйственной деятельности различных сегментов потребительского рынка¹. Потребительский рынок на сегодняшний день — центральное звено общей системы взаимосвязанных рынков. Результаты развития потребительского рынка оказывают влияние на функционирова-

¹ Федеральный закон от 28 декабря 2009 г. N 381-ФЗ «Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации»

ние других рынков, во многом определяют их состояние и, следовательно, общее экономическое развитие.

Объектом исследования является региональный (территориальный) потребительский рынок Свердловской области в условиях трансформируемой экономики.

Цель исследования заключается в выработке современного взгляда на интегрированную систему индикаторов (инструментов), позволяющую всесторонне оценить потенциал стратегического развития как экономических субъектов, так и отдельных отраслевых сегментов состава потребительского рынка.

Методика исследования основана на систематизации и анализе имеющихся теоретических положений в области деятельности сегментов потребительского рынка с целью обеспечения эффективности их деятельности и оценки возможного потенциала стратегического развития экономики и социального благополучия населения территории.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке авторской методики и выработанной позиции набора финансовых инструментов для оценки экономических субъектов, а также сегментов потребительского рынка в трансформируемой экономике.

Результаты исследования

На протяжении последних десятилетий сохраняется повышенный интерес к вопросам становления и активизации предпринимательства России [1]. Особое проявление активной предпринимательской позиции можно наблюдать в различных сегментах потребительского рынка. Потребительский рынок формируется на протяжении многих десятилетий и является достижением времени. Современный потребительский рынок России представляет собой важнейшую область рыночной экономики. Он является индикатором социально-экономического развития государства, общества и территории ввиду того, что именно на потребительском рынке пересекаются экономические и социальные составляющие современного хозяйства России [2, 3]. Потребительский рынок составляет сферу непосредственного экономического воздействия на человека и является фактором социальной стабильности в обществе. Сбалансированность потребительского рынка по ценам, товаропотокам, количеству и качеству товаров и услуг является необходимой составляющей оценки качества жизни населения территории [4].

В российской практике понятие «потребительский рынок» достаточно активно стало использоваться с начала 1990-х. Одними из первых определили это понятие Р.И. Шнипер и А.С. Новоселов — как «территориальную сферу товарного обращения, призванную обеспечить население товарами на основе развития товарно-денежных отношений при минимальных издержках обращения» [5].

В экономической литературе можно встретить много авторских трактовок термина «потребительский рынок». Существует мнение, что потребительский рынок — это «основная составляющая рыночной экономики, где часть валового национального продукта, материализованная в виде произведённых бизнесом товаров и услуг, покупается или приобретается иным способом потребителями для личного потребления» [6]. И.М. Шабунина, О.А. Ломонцева и М.Ю. Трубин характеризуют потребительский рынок с позиции потребления товаров и услуг: он «представлен отдельными лицами и домохозяйствами, приобретающими товары и услуги для личного потребления» [7]. Ф. Котлер Ф. дает более широкое определение: «область экономической деятельности, осуществляемой юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и физическими лицами с целью получения коммерческой прибыли, связывающей сферу производства со сферой потребления и реализуемой по средствам торговли потребительскими товарами и предоставления потребительских услуг населению»². М.М. Хубутия рассматривает потребительский рынок с законодательной позиции, руководствуясь нормами права: «общественные отношения,

² Котлер Ф. Основы маркетинга. Краткий курс. М. и др.: Вильямс. 496 с.

урегулированные нормами права, возникающие между государством, изготовлением, исполнителем, продавцом и потреблением в процессе изготовления, исполнения, реализации, эксплуатации, утилизации и иных стадий жизненного цикла товаров, работ и услуг»³.

На законодательном уровне потребительский рынок рассматривается в области правоотношений потребителя⁴. ГОСТ Р 51303-2013 определяет потребительский рынок как сферу обмена товарами или группами товаров и услугами между товаровладельцами, исполнителями услуг и покупателями, сложившаяся на основе разделения труда⁵.

Таким образом, потребительский рынок — это важная часть территориальной экономики, которая имеет целью создания условий, удовлетворения повседневных потребностей населения. При этом необходимо учитывать функциональное назначение потребительского рынка в масштабах макроэкономической системы территории, что объясняется следующим:

- именно на территориальном потребительском рынке замыкается воспроизводственный процесс, который характеризуется цикличностью (производство — распределение — обмен — потребление) и способствует удовлетворению потребностей населения территории, при этом обеспечивая развитие сельскохозяйственным и промышленным товаропроизводителям (экономическим субъектам).

Территориальный потребительский рынок состоит из трех основных сегментов, которые находятся в прямом взаимодействии с населением территории (рис. 1).

Деятельность сегментов потребительского рынка проявляется в функциях, которые были определены еще учеными советской эпохи. Так, по мнению Н.И. Казарской, Ю.В. Лобовикова, Г.Я. Чистова [8], сегментам потребительского рынка услуг присущи следующие функции:

- во-первых, доведение товаров и услуг от производителя к потребителю (для реализации данной функции исследовался потребительский спрос и определялся объем промышленного производства, который перераспределялся по территориям страны, районам потребления);

- во-вторых, благодаря сегментам потребительского рынка осуществляется непрерывный процесс смены форм стоимости, что проявляется в обмене товаров и услуг на деньги, а денег — на товары и услуги; это обеспечивает возмещение затрат производителей и позволяет предприятиям осуществлять непрерывный процесс производства и обеспечивает получение прибыли.

Выделенные функции сегментов потребительского рынка содействуют более полному удовлетворению растущих потребностей населения территорий России.

Изменение социально-экономической формации привело к тому, что коренным образом изменились условия функционирования сегментов потребительского рынка. Современные условия хозяйствования для сегментов потребительского рынка характеризуются высокой конкуренцией, что определяется как соперничество за потребителя [9, 10].

Достижение конкурентоспособности экономических субъектов потребительского рынка будет достигнуто при следующих условиях:



Рис. 1. Элементы потребительского рынка

Fig. 1. Elements of the consumer market

³ Хубутия М.М. Предупреждение экономических преступлений на потребительском рынке: Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. юрид. наук. Специальность 12.00.08. М.: Академия управления МВД России, 2002. 28 с.

⁴ Федеральный Закон РФ от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 24.04.2020) «О защите прав потребителей»

⁵ ГОСТ Р 51303-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Торговля. Термины и определения

- достаточный объем финансовых ресурсов, обеспечивающих финансово-хозяйственную деятельность;
- эффективное распределение и использование финансовых ресурсов;
- оптимизация денежного потока, обеспечивающего платежеспособность;
- равновесие между финансами и финансовыми ресурсами;
- обеспечение оптимального финансового риска [11].

Основной целью деятельности современных сегментов потребительского рынка является извлечение прибыли, что определяется интересами собственников бизнеса [12]. Извлечение прибыли обеспечивается путем предоставления потребительских услуг в определенном сегменте, а также реализации прибавочной стоимости в результате социально-экономической ответственности [13]. При этом следует отметить тот факт, что функции сегментов потребительского рынка в экономике территории значительно шире (табл. 1).

Таблица 1. Функции сегментов потребительского рынка
Table 1. Functions of segments of the consumer market

| Функции | Назначение |
|-------------------------------|--|
| Регулирующая | Установление обратной связи в территориальной экономике в целях координации объемов производства и потребления |
| Стимулирующая (мотивационная) | Способствует обеспечению качества оказываемых услуг сегментами потребительского рынка, является функцией повышения эффективности и конкурентоспособности |
| Посредническая | Сегменты потребительского рынка являются посредниками между производителями и потребителями, обеспечивают процесс денежного оборота отраслей национальной экономики |
| Контролирующая | Обеспечивает уровень цен через сбалансированность спроса, предложения и качество на товары и услуги сегментов потребительского рынка |
| Информационная | Формирует требования потребителей сегментов потребительского рынка посредством сбора информации и дифференциации спроса на товары и услуги, с учетом денежных доходов населения, структуры и ассортимента предлагаемых товаров и услуг |

Таким образом, современные сегменты потребительского рынка помимо функциональной роли в воспроизводственном процессе являются носителями социальной ответственности, что выражается в следующем:

- во-первых, обеспечение занятости населения территории (через организацию рабочих мест экономическими субъектами);
- во-вторых, создание условий для социально-экономического развития домашнего хозяйства (через гарантии выплаты заработной платы и социальное обеспечение экономически активного населения, занятого в процессе функционирования сегментов потребительского рынка);
- в-третьих, выполнение социальных обязательств перед государством (уплата налоговых обязательств в бюджеты различных уровней, ПФ РФ и др.).

Современный потребительский рынок услуг — это результат определенной степени развития общества вместе с товарным производством и целями деятельности его сегментов. В нашем понимании, это сложная экономическая категория, которая обеспечивает реализацию определенных функций в целях удовлетворения потребностей населения территории. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что в настоящее время не существует общепринятой типологии потребительского рынка по составу сегментов, каждый автор (исследователь) предлагает свое видение, которое определяется исследуемой территорией, а также приоритетами и направлениями исследований. Мы склоняемся к взгляду на типологию сегментов потребительского рынка исходя из их функций и роли в социально-экономическом развитии территории (табл. 2).

Таблица 2. Типология сегментов потребительского рынка
Table 2. Typology of consumer market segments

| Сегмент | Классификационные группы |
|----------------------|--|
| Розничный | Рынок продовольственных товаров: мясопродукты, хлебобулочные изделия, овощи, фрукты, молоко и молочные продукты и т.д. |
| | Рынок непродовольственных товаров: одежда, обувь, детские товары, спортивные товары и т.д. |
| | Товары длительного пользования: сложная бытовая техника, автомобили и т.д. |
| Услуги | Рынок бытовых услуг |
| | Рынок транспортных услуг |
| | Рынок услуг связи |
| | Рынок жилищно-коммунальных услуг |
| | Рынок услуг учреждений культуры |
| | Рынок медицинских услуг |
| | Рынок образовательных услуг и др. |
| Общественное питание | Рынок производства кулинарной продукции мучных, кондитерских, булочных изделий |
| | Рынок предприятий питания бары, рестораны, кафе и др. |
| | Рынок предприятий быстрого питания закусочные |
| | Рынок предприятий школьного питания |

Таким образом, представленная типология сегментов потребительского рынка имеет достаточно сложную структуру. Следовательно, возникает необходимость централизованного регулирования взаимоотношений сегментов потребительского рынка. Благодаря влиянию государственной и муниципальной власти обеспечивается единство экономического пространства территории (региона), синхронизация развития населенных пунктов (городов, поселков), свободное перемещение товаров, капиталов, рабочей силы, эффективная защита экономических субъектов и единство правовых норм экономической деятельности.

Устойчивое развитие сегментов потребительского рынка Свердловской области является важнейшим условием стабильного развития экономики, социального благополучия населения региона. Правительство Свердловской области в постановлении от 28.06 2019 г. № 387-пп «Об утверждении стратегии развития потребительского рынка Свердловской области на период до 2035 года»⁶ разработало ключевые показатели развития сегментов потребительского рынка. Исследование статистической информации по сегментам потребительского рынка территории Свердловской области позволило авторам охарактеризовать состояние сегментов.

1) Анализ состояния розничного сегмента потребительского рынка услуг Свердловской области. Основным показателем, характеризующим розничной торговый сегмент потребительского рынка, является оборот розничной торговли. По указанному показателю Свердловская область занимает пятое место среди субъектов Российской Федерации, уступая Москве, Московской области, Санкт-Петербургу и Краснодарскому краю. Среди областей Уральского федерального округа, Свердловская ежегодно удерживает первое место на протяжении последних семи лет. Наблюдается ежегодный прирост товарооборота (рис. 2).

Следует обратить внимание, что несмотря на общее влияние положительного прироста уровня цен, объем товарооборота в сопоставимых ценах ежегодно имеет положительный прирост, что характеризует положительную динамику роста товарооборота и увеличения объема покупательского спроса населения территории Свердловской области (табл. 3).

⁶ Закон Свердловской области от 21 декабря 2015 г. N 151-ОЗ «О Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы»

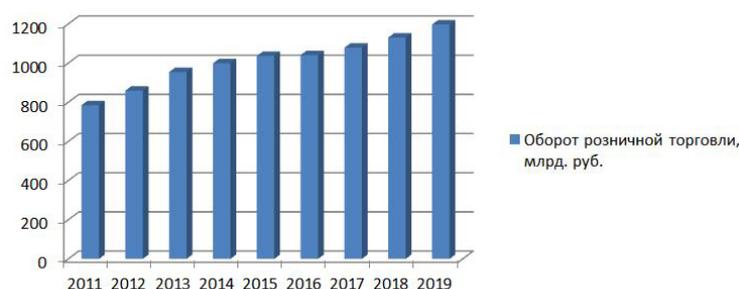


Рис. 2. Динамика розничного товарооборота розничных сегментов потребительского рынка Свердловской области (в фактических ценах)⁷

Fig. 2. Dynamics of retail trade retail segments of the consumer market in the Sverdlovsk region (in actual prices)

Таблица 3. Динамика развития розничного сегмента потребительского рынка Свердловской области (2011–2019 гг.)⁸
Table 3. Dynamics of development of the retail segment of the consumer market in the territory of the Sverdlovsk region (2011–2019)

| Показатель | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Оборот розничной торговли, млрд руб. | 784,6 | 858,8 | 954,00 | 998,6 | 1035,8 | 1040,53 | 1078,2 | 1130 | 1196,9 |
| Прирост в сопоставимых ценах, % | 12,00 | 6,40 | 4,20 | 2,90 | 3,70 | 2,8 | 1,5 | 2,3 | 1,5 |
| Прирост в фактических ценах, % | 21,40 | 12,30 | 11,10 | 4,70 | 11,00 | 5,10 | 2,30 | 4,90 | 5,90 |
| Оборот на души населения, тыс. руб. | 181,00 | 199,2 | 221,3 | 230,9 | 239,3 | 243,5 | 249,0 | 260,97 | 276,42 |

Инфраструктура розничного сегмента потребительского рынка Свердловской области достаточно развита. В Свердловской области осуществляют деятельность стационарные и нестационарные торговые объекты, проводятся ярмарочные мероприятия, функционируют розничные рынки. Розничная торговая сеть Свердловской области по состоянию на 1 января 2020 г. насчитывала 27347 стационарных объектов торговли: 21704 магазина (79%), 5133 павильона и киоска (19%), 510 торговых центров и торговых комплексов (2%). Кроме того, в области в 2019 г. действовало 1896 объектов нестационарной сети — палатки, лотки, автолавки, торговые автоматы, размещение которых носит сезонный (временный) характер. За 2019 год количество объектов торговли увеличилось на 387 единиц: 186 магазинов, 13 торговых центров, 57 павильонов, 131 киоск. Доля стационарных объектов торговли в общей структуре торговой сети области составляет 81%, доля нестационарных объектов — 19%. Большую долю по количеству объектов торговли и торговым площадям занимает столица Свердловской области — Екатеринбург. На долю Екатеринбурга приходится 26% торговых объектов области и 48,5% торговых площадей.

2) *Анализ состояния сегмента общественного питания потребительского рынка Свердловской области.* Сегмент общественного питания потребительского рынка Свердловской области является индикатором, реагирующим на возможные социальные изменения, и характеризует качество жизни и экономическое благополучие населения территории. Динамика развития, сегмента общественного питания потребительского рынка оценивается следующими показателями: объем оборота общественного питания, количественные показатели развития сети предприятий общественного питания, степень обеспеченности населения услугами общественного питания. Оборот сегмента общественного питания потребительского рынка Свердловской области нестабилен (рис. 3).

⁷ Официальный сайт Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области. URL: <https://mcxso.midural.ru/article/show/id/213>

⁸ Официальный сайт Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области. URL: <https://mcxso.midural.ru/article/show/id/213>

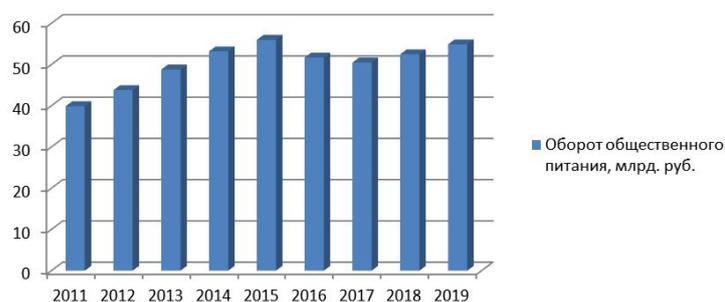


Рис. 3. Динамика оборота сегмента общественного питания потребительского рынка Свердловской области (в фактических ценах)⁹

Fig. 3. Dynamics of segment turnoverpublic catering of the consumer market of the Sverdlovsk region (in actual prices)

Из этого следует, что сегмент общественного питания потребительского рынка Свердловской области является основным индикатором проявления кризисных тенденций в экономике территории.

По итогам 2019 г. в структуре стационарных объектов сегментов общественного питания доля общедоступных предприятий питания составляет 65,0%, или 4485 единиц, доля предприятий питания закрытой (социальной) сети — 35,0% (2414 единиц). Закрытая сеть — это объекты в учреждениях системы образования (1420 единиц против 1457 единиц в 2018 г.), в министерствах и ведомствах (851 единица — на уровне 2018 г.), в санаториях, профилакториях, домах отдыха, учреждениях системы здравоохранения (143 единицы против 146 в 2018 г.). Индикатором развития отрасли общественного питания является также обеспеченность торговыми площадями (посадочными местами). На предприятиях питания общедоступной сети на 1000 жителей Свердловской области наблюдается устойчивый рост показателей (табл. 4).

Таблица 4. Динамика развития общественного питания Свердловской области (2011–2019 гг.)¹⁰

Table 4. Dynamics of development of public catering in the Sverdlovsk region (2011–2019)

| Показатель | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Оборот Общественного питания, млрд руб. | 39,9 | 43,8 | 48,8 | 53,2 | 56 | 51,7 | 50,5 | 52,5 | 54,9 |
| Обеспеченность посадочными местами на 1000 жителей, ед. | 34,6 | 35,7 | 37,5 | 38,2 | 38,9 | 39,4 | 40,0 | 40,5 | 40,8 |

3) Анализ состояния сегмента бытового обслуживания потребительского рынка услуг Свердловской области. Третьим сегментом потребительского рынка Свердловской области, является рынок услуг, который включает бытовое обслуживание. Сфера бытового обслуживания обеспечивает удовлетворение потребностей населения в разнообразных видах и формах сервисных услуг, играет значительную роль в создании комфортных условий для жизни, работы и отдыха жителей и гостей Свердловской области. На территории Свердловской области с 2011 г. наблюдаются следующие тенденции в развитии сферы бытового обслуживания населения, которая характерна и для Российской Федерации в целом:

- во-первых, постепенное уменьшение спроса на ряд традиционных бытовых услуг (прокат, фотоателье), которые вытесняются возросшей технологической оснащенностью домашнего хозяйства;

⁹ Официальный сайт Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области. URL: <https://mcxso.midural.ru/article/show/id/213>

¹⁰ Официальный сайт Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области. URL: <https://mcxso.midural.ru/article/show/id/213>

- во-вторых, расширение сегмента услуг, ориентированных на высокодоходные группы населения и основанных на стремлении к улучшению качества жизни, мобильности и рациональному использованию свободного времени (индустрия красоты, автосервис, пошив швейных и меховых изделий, ремонт и строительство жилья, клининг, уход за детьми, больными).

Общая динамика характеризующая развитие сегмента услуг потребительского рынка Свердловской области представлена в табл. 5.

Таблица 5. Динамика развития сегмента услуг потребительского рынка Свердловской области (2011–2019 гг.)¹¹

Table 5. Dynamics of development of the of the segment of services of the consumer market of the Sverdlovsk region (2011–2019)

| Показатель | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-------------------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|
| Оборот бытовых услуг, млрд руб. | 20,19 | 21,1 | 23,94 | 27,6 | 30,7 | 33,3 | 34,2 | 35,67 | 36,1 |
| Оборот на душу населения, тыс. руб. | 4,91 | 5,13 | 5,82 | 6,40 | 7,10 | 7,50 | 7,70 | 7,6 | 7,9 |

Таким образом, в результате исследования динамики развития сегментов потребительского рынка Свердловской области можно сделать следующие выводы.

1. Розничный сегмент потребительского рынка Свердловской области функционирует достаточно эффективно, это подтверждается результатами деятельности (ростом товарооборота), при этом формируется комфортная среда для граждан и субъектов предпринимательской деятельности за счет развития многоформатной инфраструктуры торговли. Главная тенденция — развитие розничных продаж; она наблюдается не только на территории Свердловской области, это мировая тенденция: усиливается положение наиболее крупных сетевых экономических субъектов розничной торговли, формирующих свою сбытовую сеть в форме гипермаркетов и супермаркетов. Более быстрый рост выручки демонстрируют сети, стремящиеся к наиболее низкому ценовому позиционированию продукции (предлагают цены значительно ниже среднерыночных). Существующая инфраструктура розничного сегмента потребительского рынка обеспечивает удовлетворенность участников отношений в сфере торговли:

- потребителя (в шаговой доступности приобретать товары, в том числе местного производства, на свой вкус, по справедливой цене, с возможностью выбора разных торговых форматов и хозяйствующих субъектов, осуществляющих торговую деятельность, т.е. на конкурентных условиях);

- производителя (иметь возможность удобно, предсказуемо, выгодно и гарантировано сбывать свой товар);

- субъекта торговли (выполнять функцию по соединению интересов потребителей и производителей, иметь возможность легально осуществлять торговую деятельность, комфортно открывать, вести и расширять свой торговый бизнес).

Влияние сетевой торговли на инфраструктуру розничного сегмента потребительского рынка неоднозначно; негативная сторона этого влияния является отдельной темой исследований, и авторы активно работают в этом направлении.

2. Развитие сегмента общественного питания основывается на максимальном использовании собственного потенциала территории, в том числе за счет обеспечения доступности услуг питания и пропорционального развития инфраструктуры в городских округах и муниципальных районах Свердловской области. По обороту общественного питания Свердловская область занимала в 2019 г. седьмое место (впереди — Москва, Московская область, Санкт-Петербург, Дагестан, Крас-

¹¹ Официальный сайт Министерства агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области. URL: <https://mcxso.midural.ru/article/show/id/213>

нодарский край, Тюменская область). Несмотря на нестабильную экономическую ситуацию, количественные показатели развития отрасли общественного питания растут, что свидетельствует о росте доходов и/или изменении практик питания населения (например, рост популярности кафе как альтернативы домашнего приготовления и покупке готовой еды в магазине).

3. В развитии сегмента бытового обслуживания потребительского рынка Свердловской области выявлены наиболее значимые проблемы:

- во-первых, слабо развитая инфраструктура бытового обслуживания: дефицит стационарной сети в районах массовых застроек и в сельской местности, дефицит выездных форм оказания услуг, неразвитая система межмуниципальных связей организаций бытового обслуживания;

- во-вторых, недостаток квалифицированных кадров в сфере бытового обслуживания: отсутствие в Свердловской области системы подготовки профессиональных кадров по некоторым видам сервисных услуг (ритуальные, услуги химической чистки и иные), непрестижность профессий бытового обслуживания.

Для дальнейшего развития сферы услуг Свердловской области необходимо формирование современного конкурентоспособного комплекса, предоставляющего широкий спектр доступных и качественных бытовых услуг, обеспечивающих повышение качества и уровня жизни населения территории.

Оценка состояния развития сегментов потребительского рынка услуг авторами не до конца закончена, на данном этапе использовались только общие статистические показатели. Для формирования конструктивных направлений необходимо исследовать уровень финансовых потенциальных возможностей экономических субъектов по отраслевым сегментам потребительского рынка. На сегодняшний день многие исследователи упоминают об экономическом потенциале и используют комплексный подход к его определению [14, 15]. Для выработки концептуальной позиции в отношении финансовых инструментов, оценки потенциала потребительского рынка услуг в трансформируемой экономике России авторы использовали информацию, характеризующую динамику развития сегментов потребительского рынка услуг Свердловской области, что позволило сформировать аргументированное представление о состоянии и развитии отдельных сегментов потребительского рынка услуг территории. Это является возможным благодаря концептуальной позиции авторов, которая заключается в следующем: «основным показателем, способным оценить потенциальные возможности развития экономического субъекта и отдельного сегмента потребительского рынка услуг является интегральный показатель, который моделируется исходя из ряда параметров (факторов) оказывающих влияние на его величину».

Интегральный показатель потенциала — это индекс устойчивой финансовой позиции, который рассчитывается исходя из рейтинговой оценки групп наиболее значимых показателей [16, 17]. Метод создания рейтинга с помощью ряда показателей относительно прост и основан на ранжировании в соответствии со значениями отобранных для анализа ключевых показателей [18, 19].

Первая группа показателей [$R_1 \rightarrow \max$] — абсолютные показатели состояния имущества финансового положения экономического субъекта:

K_1 — стоимость активов;

K_2 — стоимость собственного капитала;

K_3 — стоимость чистых активов;

K_4 — излишек платежных средств, обеспечивающих покрытие текущих обязательств;

K_5 — стоимость основного капитала.

Вторая группа показателей интегральной оценки [$R_2 \rightarrow \max$] — относительные показатели финансовой структуры экономического субъекта:

K_6 — коэффициент автономии (коэффициент собственного капитала);

K_7 — коэффициент устойчивого финансирования;

K_8 — коэффициент покрытия долгов собственным капиталом (коэффициент платежеспособности);

K_9 — коэффициент текущей ликвидности;

K_{10} — коэффициент срочной ликвидности;

K_{11} — коэффициент абсолютной ликвидности.

Третья группа показателей [$R_3 \rightarrow \min$] — абсолютные показатели источников образования имущества:

K_{12} — стоимость заемных источников (всего);

K_{13} — стоимость текущих заемных источников;

K_{14} — стоимость долгосрочных заемных источников.

Четвертая группа — относительные показатели финансовой структуры [$R_4 \rightarrow \min$].

K_{15} — коэффициент концентрации заемного капитала;

K_{16} — коэффициент концентрации текущей задолженности;

K_{17} — коэффициент концентрации дебиторской задолженности;

K_{18} — коэффициент финансовой зависимости капитализированных источников;

K_{19} — коэффициент финансового риска (финансового леввериджа).

Пятая группа — относительные показатели результативности деятельности [$R_5 \rightarrow \max$].

K_{20} — рентабельность имущества;

K_{21} — рентабельность внеоборотных активов;

K_{22} — рентабельность оборотных активов;

K_{23} — рентабельность собственного капитала;

K_{24} — рентабельность заемного капитала;

K_{25} — рентабельность продаж;

K_{26} — рентабельность основной производственно-хозяйственной деятельности.

Шестая группа показателей оценки конкурентоспособности экономического субъекта включает в себя относительные показатели результативности деятельности [$R_6 \rightarrow \min$]

K_{27} — коэффициент удельного веса себестоимости (основных затрат) в сумме выручки;

K_{28} — коэффициент удельного веса накладных (коммерческих и управленческих) затрат в сумме выручки;

K_{29} — коэффициент удельного веса при прочих расходах в сумме совокупного дохода;

K_{30} — коэффициент удельного веса совокупных расходов в сумме совокупного дохода.

Таким образом, интегральный показатель финансового потенциала определяется как результат смешанной зависимости (суммы квадратных коэффициентов) выделенных групп критериев оценки. Преимущества предлагаемой методики — возможность оценки информационных источников, которые имеются в свободном доступе в интернете. Это обстоятельство снижает уровень затрат и трудоемкость различных видов работ по сбору информации оценки финансовой позиции.

Методика оценки потенциала экономических субъектов сегментов потребительского рынка включает последовательное выполнение нескольких этапов аналитических процедур.

Этап 1. Расчет выборочной совокупности количества оцениваемых экономических субъектов определенного сегмента (формула 1).

$$B = [Z^2 * (p) * (1 - p)] / C^2, \quad (1)$$

B — выборочная совокупность (количество экономических субъектов, подлежащих мониторингу потенциальных возможностей); Z^2 — фактор, доверительная вероятность 1,96 (достоверность 95% показывает, вероятность случайности); P — интересующий удельный показатель 0,5 (50%); C — доверительный интервал или погрешность (0,05 или 5%).

Этап 2. Сбор аналитической информации (исходя из результата выборочной совокупности), размещенной в открытом доступе в интернете. В данном контексте приоритет имеет бухгалтерская (финансовая) отчетность, которая носит унифицированный характер, что обеспечивает достоверность информации.

Этап 3. Систематизация собранной информации и аналитических расчетов (табл. 5).

Этап 4. По каждому критерию (и каждой группе), в зависимости от стремления показателя к максимальной или минимальной величине, необходимо выделить максимальный или минимальный показатель; далее при помощи деления каждого показателя по анализируемой группе (либо на максимальное, либо на минимальное значение) получаем расчетный показатель — коэффициент. Результатом проведенных расчетов будет являться таблица стандартных коэффициентов (табл. 6).

Таблица 6. Матрица стандартных коэффициентов
Table 6. Matrix of standard coefficients

| Критерии | ЭС 1 | ЭК 2 | ЭС 3 | ЭС ... |
|--|------------------------------|------|------|--------|
| Абсолютные показатели состояния имущества финансового положения [$R_1 \rightarrow \max$] | | | | |
| K_1 | $K_i = \frac{X_i}{X_{\max}}$ | | | |
| K_2 | | | | |
| K_i и т.д. | | | | |
| Абсолютные показатели источников образования имущества [$R_3 \rightarrow \min$] | | | | |
| K_{12} | $K_i = \frac{X_i}{X_{\min}}$ | | | |
| K_i и т.д. | | | | |

Этап 5. Используя результаты расчетов табл. 6, каждый показатель возводим в квадрат, в результате формируется таблица квадратных коэффициентов (табл. 7).

Таблица 7. Матрица квадратных коэффициентов
Table 7. Matrix of square coefficients

| Критерии | ЭС 1 | ЭК 2 | ЭС 3 | ЭС ... |
|--|---|------|------|--------|
| Абсолютные показатели состояния имущества финансового положения [$R_1 \rightarrow \max$] | | | | |
| K_1 | $K_i = \left(\frac{X_i}{X_{\max}} \right)^2$ | | | |
| K_2 | | | | |
| K_i и т.д. | | | | |
| Абсолютные показатели источников образования имущества [$R_3 \rightarrow \min$] | | | | |
| K_{12} | $K_i = \left(\frac{X_i}{X_{\min}} \right)^2$ | | | |

Этап 6. На основании полученных значений определяем сумму по итогам каждой группы расчетных (анализируемых) показателей, в результате чего определяется сумма балльной оценки и рейтинговая финансовая позиция исходя из выборочной совокупности отраслевых экономических субъектов сегментов потребительского рынка услуг. Обращаем внимание на то обстоятель-

ство, что суммарное количество баллов по каждой группе ограничено. Если условия не выполняются, то в результате допущена ошибка, требующая исправления и корректировки результатов расчетов.

$$\begin{array}{ll}
 R_1 \rightarrow \max \rightarrow K \text{ не менее } 5 & 1 > R_1 < 5 \\
 R_2 \rightarrow \max \rightarrow K \text{ не менее } 6 & 1 > R_2 < 6 \\
 R_3 \rightarrow \min \rightarrow K \text{ не более } 3 & 1 < R_3 > 3 \\
 R_4 \rightarrow \min \rightarrow K \text{ не более } 5 & 1 < R_4 > 5 \\
 R_5 \rightarrow \max \rightarrow K \text{ не менее } 7 & 1 > R_5 < 7 \\
 R_6 \rightarrow \min \rightarrow K \text{ не более } 4 & 1 < R_6 > 4
 \end{array}$$

Обобщение результатов оценки выполняется исходя из суммы итогов по каждой группе показателей. Критерий интегральной оценки по выборочной совокупности определяется исходя из аддитивной зависимости суммы расчетных значений выделенных критериев (формула 2).

$$K = \sum R_1 + \sum R_2 + \sum R_3 + \sum R_4 + \sum R_5 + \sum R_6 \approx 30 \quad (2)$$

Таким образом, оценка потенциала экономического субъекта сегмента потребительского рынка услуг осуществляется исходя из суммы максимально сформированных значений показателей. Работа аналитика должна осуществляться в слепую, т.е. информация должна быть скрыта, только по результатам проведенного исследования данные оценки раскрываются. Точность расчетов обусловлена использованием данных бухгалтерской (финансовой) отчетности и отраслевой принадлежностью выборочной совокупности экономических субъектов, что определено кодом ОКВЭД.

Заключение и выводы

В результате проведенного теоретического и практического исследования авторы достигли следующих результатов:

- во-первых, выработана авторская позиция в отношении понятия «потребительский рынок» и выделена его значимая роль в макроэкономической и территориальной системах экономики;
- во-вторых, проведен аналитический обзор состояния и развития сегментов территориального потребительского рынка Свердловской области, что позволило сформировать общее видение потенциала развития в условиях трансформируемой экономики;
- в-третьих, сформулирована концептуальная позиция авторов, оценки потенциала потребительского рынка услуг в трансформируемой экономике и выработаны общие научно-методические рекомендации для конструктивного анализа (оценки) потенциала.

В настоящее время ведется апробирование предложенной методики оценки потенциала сегментов потребительского рынка услуг в целях выявления стратегических возможностей формирования более благоприятной инфраструктуры.

Перспективными направлениями научных исследований в разрезе заявленной темы, по мнению авторов, являются два основных направления. Первое направление — оценка уровня соответствия общих тенденций мировых трендов учетных данных, технологических процессов и компетентности работников (менеджеров среднего и высшего звена) в целях создания условий благоприятной среды и построения инфраструктуры потребительского рынка в разрезе отраслевых сегментов. Второе направление заключается в необходимости обоснования пространственной дифференциации отдельных сегментов потребительского рынка территории и моделирование оборота по отраслевым составляющим в целях оценки социально-экономического развития региона и выявления потенциальных возможностей для нейтрализации кризисных проявлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаменко А.А., Хорольская Т.Е., Петров Д.В. Государственная поддержка как инструмент повышения эффективности малого бизнеса // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. № 3. С. 57–67. DOI: 10.18721/ЖЕ.13304
2. Лукашевич Н.С., Конников Е.А. О подходе к оценке финансового состояния промышленных предприятий как основы устойчивого развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. № 2. С. 92–100. DOI: 10.18721/ЖЕ.11209
3. Гринберг Р.С. Российская социально-экономическая система: реалии и векторы развития. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2020. 596 с.
4. Тюдишев А.Е. Влияние экономического кризиса на потребительское поведение (региональный аспект) // Экономика и организация промышленного производства. 2017. № 6. С. 142–149.
5. Novoselov A.S., Kovalev A.E., Gaiduk E.A., Mkrtychyan G.M. Elaboration of balance-optimization in economic and mathematical model of development of a large municipal unit: Real experience. Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences, 2019, no. 12, pp. 2258–2276. DOI: 10.17516/1997-1370-0521
6. Иневатова О.А., Макавеев С.В. Государственное регулирование потребительского рынка: теоретические аспекты исследования // Modernivymozenostivedy: materialy XVI Mezinarnodnivedeckopraktickakonference, 22–30 ledna 2020. № 1. Прага: Scienceand Education, 2020. С. 52–56.
7. Ломовцева О.А. Регион в контексте общественного развития и эволюции экономической мысли // Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. 2013. № 7(150). С. 20–27.
8. Невская Н.А. Индикативное планирование: опыт и перспективы применения в российской экономике // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2016. № 1(14). С. 31–34.
9. Сулова Ю.Ю., Щербенко Е.В., Волошин А.В. Рыночная инфраструктура: организационно-практический аспект. М.: ИНФРА-М, 2019. 159 с.
10. Нечехина Н.С., Мустафина О.В., Куikliна Л.Н. Конкурентоспособность различных сегментов потребительского рынка региона // Экономика региона. 2018. № 14–3. С. 836–850. DOI: 10.17059/2018-3-11
11. Нечехина Н.С., Мустафина О.В., Куikliна Л.Н. Концептуальные основы финансовой составляющей конкурентоспособности экономических субъектов // Журнал экономической теории. 2020. № 17–2. С. 346–360. DOI: 10.31063/2073–6517/2020.17–2.9
12. Пустынникова Е.В., Ускова Е.О. Формирование конкурентных преимуществ корпоративных структур на основе интеграции кластерного типа // Экономика региона. 2017. № 13–2. С. 500–510. DOI: 10/17059/2017-2-15
13. Necheukhina N.S., Mustafina O.V. The genesis of accounting and analytical support for management of revenues and expenditures of economic agents in the retail segment of the consumer market. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2018, no. 2, pp. 70–80. DOI: 10.18721/ЖЕ.11207 UDC 657
14. Бабкин А.В., Фортунова У.В. Инструментарий управления конкурентным устойчивым развитием высокотехнологичных предприятий радиоэлектронной промышленности // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. № 4. С. 157–169. DOI: 10.18721/ЖЕ.12414
15. Махмудова Г.Н., Бабкин А.В. Теоретические аспекты инновационного развития в условиях модернизации экономики: тенденции, анализ и перспективные возможности // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. № 2. С. 40–52. DOI: 10.18721/ЖЕ.13204
16. Тургель И.Д. Экономический анализ в управлении деятельностью коммерческих организаций региона / Под общ. ред. И. Д. Тургель. Екатеринбург: Уральский университет, 2020. 196 с.
17. Tsatsulin A.N., Babkin A.V., Babkina N.I. Analysis of the structural components and measurement of the effects of cost inflation in the industry with the help of the index method. Proceedings of the 28th International Business Information Management Association Conference Vision 2020: Innovation Management, Development Sustainability, and Competitive Economic Growth, 2016, pp. 1559–1573. DOI: 10.5862/je.240.3
18. Мансуров Р.Е. Методика рейтинговой оценки эффективности хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий агропромышленных холдингов // Актуальные проблемы экономики и права. 2009. № 4. С. 158–164.

19. **Петрова Д.Я.** Методика рейтинговой оценки эффективности сельскохозяйственных предприятий региона // *Инновационное развитие экономики*. 2017. № 3. С. 158–162.

REFERENCES

1. **A.A. Adamenko, T.E. Khorolskaya, D.V. Petrov**, State support as a tool to improve efficiency of small business. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2020, no. 3, pp. 57–67. (rus). DOI: 10.18721/JE.13304
2. **N.S. Lukashevich, E.A. Konnikov**, Approach to assessment of financial stability of industrial enterprises as a basis of sustainable development. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2018, no. 2, pp. 92–100. (rus). DOI: 10.18721/JE.11209
3. **R.S. Grinberg**, *Rossiyskaya sotsialno-ekonomicheskaya sistema: realii i vektory razvitiya* [Russian socio-economic system: realities and vectors of development]. 4th ed. Moscow, INFRA-M, 2020. 596 p. (rus)
4. **A.E. Tyudishev**, Vliyaniye ekonomicheskogo krizisa na potrebitelskoye povedeniye (regionalnyy aspekt) [Impact of the economic crisis on consumer behavior (regional aspect)]. *Ekonomika i organizatsiya promyshlennogo proizvodstva*, 2017, no. 6, pp. 142–149. (rus)
5. **A.S. Novoselov, A.E. Kovalev, E.A. Gaiduk, G.M. Mkrtchyan**, Elaboration of balance-optimization in economic and mathematical model of development of a large municipal unit: Real experience. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 2019, no. 12, pp. 2258–2276. DOI: 10.17516/1997-1370-0521
6. **O.A. Inevatova, S.V. Makaveev**, Gosudarstvennoye regulirovaniye potrebitelskogo rynka: teoreticheskiye aspekty issledovaniya [State regulation of the consumer market: theoretical aspects of the study]. *Modernizatsionnyye materialy XVI Mezinarnodnivedecko-praktickakonferentsii, 22–30 Iyuna 2020*, no. 1. Prague, Science and Education, 2020, pp. 52–56. (rus)
7. **O.A. Lomovceva**, Region in the context of social development and the evolution of economic thought. *Belgorod State University Scientific Bulletin. History, Political science, Economics, Information technologies*, 2013, no. 7(150), pp. 20–27. (rus)
8. **N.A. Nevskaya**, Indikativnoye planirovaniye: opyt i perspektivy primeneniya v rossiyskoy ekonomike [Indicative planning: experience and prospects of application in the Russian economy]. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie*, 2016, no. 1(14), pp. 31–34. (rus)
9. **Yu.Yu. Suslova, E.V. Shcherbenko, A.V. Voloshin**, Rynoch'naya infrastruktura: organizatsionno-prakticheskiy aspekt [Market infrastructure: organizational and practical aspect]. Moscow, INFRA-M, 2019. 159 p. (rus)
10. **N.S. Necheukhina, O.V. Mustafina, L.N. Kuklina**, The competitiveness of various segments of the consumer market of a region. *Ekonomika regiona* [Economy of Region], 2018, no. 14–3, pp. 836–850. (rus). DOI: 10.17059/2018-3-11
11. **N.S. Necheukhina, O.V. Mustafina, L.N. Kuklina**, Kontseptualnyye osnovy finansovoy sostavlyayushchey konkurentosposobnosti ekonomicheskikh subyektov [Conceptual foundations of the financial component of the competitiveness of economic entities]. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii*, 2020, no. 17–2, pp. 346–360. (rus). DOI: 10.31063/2073–6517/2020.17–2.9
12. **E.V. Pustynnikova, E.O. Uskova**, Formirovaniye konkurentnykh preimushchestv korporativnykh struktur na osnove integratsii klaster'nogo tipa [Formation of competitive advantages of corporate structures based on cluster-type integration]. *Ekonomika regiona*, 2017, no. 13–2, pp. 500–510. (rus). DOI: 10.17059/2017-2-15
13. **N.S. Necheukhina, O.V. Mustafina**, The genesis of accounting and analytical support for management of revenues and expenditures of economic agents in the retail segment of the consumer market. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2018, no. 2, pp. 70–80. DOI: 10.18721/JE.11207
14. **A.V. Babkin, U.V. Fortunova**, The tools for managing a competitive and sustainable development of high-tech enterprises of electronic industry. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2019, no. 4, pp. 157–169. (rus). DOI: 10.18721/JE.12414
15. **G.N. Makhmudova, A.V. Babkin**, Theoretical aspects of innovative development in conditions of economic modernization: tendencies, analyses and future opportunities. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, 2020, no. 2, pp. 40–52. (rus). DOI: 10.18721/JE.13204

16. **I.D. Turgel, (Ed.)**, Ekonomicheskiy analiz v upravlenii deyatelnostyu kommercheskikh organizatsiy regiona [Economic analysis in the management of the activities of commercial organizations in the region]. Yekaterinburg: Uralskiy universitet, 2020. 196 p. (rus)

17. **A.N. Tsatsulin, A.V. Babkin, N.I. Babkina**, Analysis of the structural components and measurement of the effects of cost inflation in the industry with the help of the index method. Proceedings of the 28th International Business Information Management Association Conference Vision 2020: Innovation Management, Development Sustainability, and Competitive Economic Growth, 2016, pp. 1559–1573. DOI: 10.5862/je.240.3

18. **R.E. Mansurov**, Metodika reytingovoy otsenki effektivnosti khozyaystvennoy deyatelnosti selskokhozyaystvennykh predpriyatiy agropromyshlennykh kholdingov [Methodology for rating assessment of the efficiency of economic activities of agricultural enterprises of agro-industrial holdings]. Aktualnyye problemy ekonomiki i prava, 2009, no. 4, pp. 158–164. (rus)

19. **D.Ya. Petrova**, Metodika reytingovoy otsenki effektivnosti selskokhozyaystvennykh predpriyatiy regiona [Methodology for rating assessment of the efficiency of agricultural enterprises in the region]. Innovatsionnoye razvitiye ekonomiki, 2017, no. 3, pp. 158–162. (rus)

Статья поступила в редакцию 15.08.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

НЕЧЕУХИНА Надежда Семеновна

E-mail: nnecheuhina@yandex.ru

NECHEUKHINA Nadezhda S.

E-mail: nnecheuhina@yandex.ru

МУСТАФИНА Ольга Валерьевна

E-mail: ovm.70@mail.ru

MUSTAFINA Olga V.

E-mail: ovm.70@mail.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

DOI: 10.18721/JE.13510
УДК 658.5

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМ БИЗНЕСОМ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Устинова Л.Н., Роман Н.П.

Российская государственная академия интеллектуальной собственности,
Москва, Российская Федерация

С помощью цифровых технологий можно повысить эффективность строительного сектора — одного из важнейших для экономики Российской Федерации. Создание системы управления бизнесом с учетом особенностей ее применения в строительной индустрии с использованием строительных норм, стандартов, цифровых технологий и новых подходов к управлению особенно актуально. Взаимодействие участников строительного рынка с помощью информационных систем позволяет формировать качественную управленческую стратегию. В современном мире, с учетом постоянно развивающейся и углубляющейся информатизации строительной сферы, постоянно повышаются требования к процессу проектирования, строительства и эксплуатации объектов капитального строительства. В связи с этим одну из важнейших ролей играет информационная модель проекта сооружения. В статье раскрываются принципы эффективного управления и использования информационной цифровой модели в проектной компании, а также предложена экономико-математическая модель управления информационного моделирования в проектной деятельности отечественных компаний на основе анализа их экономико-технологических показателей.

Ключевые слова: управление, цифровая модель, информационное моделирование зданий (BIM), цифровизация, жизненный цикл, строительство

Ссылка при цитировании: Устинова Л.Н., Роман Н.П. Формирование модели управления строительным бизнесом на основе цифровых технологий // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 136–144. DOI: 10.18721/JE.13510

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

ORGANIZATION OF A CIVIL ENGINEERING BUSINESS MANAGEMENT SYSTEM BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES

L.N. Ustinova, N.P. Roman

Russian State Academy of Intellectual Property,
Moscow, Russian Federation

It is possible to increase efficiency in the civil engineering sector, one of the most important sectors of Russian economy, with digital technologies. The need to create a business management system taking into account the aspects of its usage in civil engineering and applying civil engineering standards, digital technologies and innovative management approach is as relevant as ever. The interactions between the market participants via information systems help to create a qualitative management strategy. Nowadays, the developing and deepening computerization of civil engineering forms constant increasing standards of planning, design, construction and maintenance of civil engineering objects. Therefore, the information model of a project becomes one of the most important parts of the design stage. This article shows the principles of effective management and information model usage in a civil engineering project company. It presents a mathematical economic model of information modeling management for domestic companies based on analyses of their technical and economic indices.

Keywords: management, digital model, building information modeling (BIM), digitalization, life cycle, civil engineering

Citation: L.N. Ustinova, N.P. Roman, Organization of a civil engineering business management system based on digital technologies, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 136–144. DOI: 10.18721/JE.13510

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

В современных условиях цифровой экономики в сфере строительства требуется уже не просто проект возводимого здания, а содержащая всю необходимую информацию модель объекта, которая может быть востребована в течение всего периода его существования. Это виртуальная копия здания с количественными геометрическими и технологическими характеристиками конструкций, материалов и оборудования.

Технология информационного моделирования позволяет в десятки раз ускорить проектирование зданий, кварталов и даже районов города, сделать строительство проще и безопаснее.

Государственное строительство в современных условиях стало возможным осуществлять с применением технологий цифрового моделирования (BIM, Building Information Model).

Технологии информационного моделирования зданий и сооружений являются ключевыми. Цифровая трансформация — это не только использование новых мобильных цифровых технологий, но и процесс перехода организации к новым способам мышления и работы. Такая трансформация включает в себя изменения в стиле руководства, в принятии новых бизнес-моделей для улучшения технологий строительства и качества работы сотрудников организации.

Обоснованность управленческих решений на всех стадиях производственного цикла является необходимым условием поддержания успешности бизнеса в настоящее время, когда мир вокруг стремительно и радикально меняется. Настройка бизнеса на работу в условиях неопределенности, непрерывный мониторинг его состояния, своевременная адаптация стратегии и тактики под постоянно изменяющуюся внешнюю среду на основе актуальных и достоверных данных — это жесткие требования времени.

Для развития строительной отрасли необходимо применять новые технологии, совершенствовать бизнес-процессы и искать новые решения для повышения конкурентоспособности предприятия. Качественно новый уровень управления инновационным строительным бизнесом по всем ключевым направлениям должен соответствовать: современным стандартам, опираться на современные достижения цифровой экономики, иметь гибкие сценарии, сквозные процессы, удобный интерфейс.

BIM-технологии позволяют выполнить точное построение инженерных систем здания, осуществлять более быстрый и простой процесс подбора требуемого оборудования, дают точную спецификацию и ведомость за счет автоматизации. Основные экономические и экологические характеристики здания определяются уже на стадии эскизного проекта, что позволяет заранее внести изменения в проект, если требуется. У проектировщиков зданий и сооружений появились новые задачи, к ним предъявляются совершенно иные, ранее не возникавшие требования.

В качестве объекта исследования рассмотрен строительный бизнес в современных условиях цифровой экономики. Предметом исследования являются модели, технические решения нового класса задач в управлении строительным бизнесом на основе цифровых данных.

Цель исследования заключается в разработке модели управления строительством, основываясь на использовании цифровых моделей и технологий информационного моделирования.

Для достижения данной цели сформулированы следующие задачи:

- 1) проанализировать имеющуюся международную и отечественную законодательную и правовую документацию, методические и нормативные базы, связанные с внедрением технологий информационного моделирования;
- 2) сформулировать принципы эффективного управления и использования информационной цифровой модели в проектной компании;
- 3) предложить модель управления строительной организации на базе анализа ее технико-экономических показателей при использовании технологий информационного моделирования;
- 4) разработать стратегии эффективного перехода на BIM-технологий для строительных компаний.

Методы исследования

В качестве теоретической основы использованы труды и подходы ведущих отечественных и зарубежных исследователей к управлению экономикой и промышленностью в цифровой форме, а также методы формирования и использования цифровых информационных моделей в строительном бизнесе. Основой исследования являются российские и международные исследования в области информационного моделирования зданий и сооружений (BIM), нормативно правовые акты РФ, своды правил (СП), государственные стандарты (ГОСТ) и другие документы, необходимые для выполнения строительных проектов при применении комплексов информационного моделирования.

Результаты исследования

Информационные технологии позволяют контролировать и управлять удаленными строительными проектами в регионах России, повышая их экономический потенциал. Информационная модель работает по стандартизированным параметрам. Во время проектирования выполняется работа с геометрией и параметрами, автоматизируется создание планов, спецификаций и оценок. Кроме того, объектная информационная модель позволяет выявлять столкновения и конфликты взаимного расположения элементов, что позволяет устранить их уже на стадии проектирования.

С целью совершенствования систем управления в строительной отрасли преобладает внедрение специализированных решений и модулей по проектному учету. Компании ориентируются на эффективное и профессиональное управление проектами с расчетом на растущий бизнес, а это требует соответствующего методологического и программного инструмента. На сегодняшний день компании, работающие в сфере промышленного и гражданского строительства, при выполнении архитектурно-проектных работ наиболее сосредоточены на ускорении процессов не только по непосредственной разработке проектной, рабочей документации, но и для распространения разработанной цифровой модели объектов капитального строительства. Следовательно, цифровая модель, сформированная на этапе проектных работ, передается на разработку рабочей документации и далее детализируется. Тем самым сокращаются затраты на проектирование на величину до 30%¹. Информационное моделирование BIM — создание цифровой объектно-ориентированной модели в процессе проектирования, строительства и эксплуатации здания и сооружений [1].

На рис. 1 представлена структурная модель управления строительным бизнесом с использованием BIM.

BIM — информационная модель (или моделирование) зданий и сооружений, под которыми в широком смысле понимают любые объекты инфраструктуры.

¹ Технологии информационного моделирования позволяют экономить до 20% при строительстве зданий // Официальный сайт Минстроя России. 15.07.2016. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/press/tekhnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-pozvolyat-ekonomit-do-20-pri-stroitelstve-zdaniy/>. (дата обращения: 01.10.2020)



Рис. 1. Структурная модель управления строительным бизнесом
 Fig. 1. Structural model of construction business management

Принятие общей цифровой модели позволяет улучшить цепочку строительных процессов (проектирование, производство и эксплуатация), посредством концепции управления жизненным циклом, с рассмотрением связи ключевых процессов из информационной базы, охватывая сложные технические объекты. Каждой стадии соответствует некоторая модель, которая отображает объем обработанной на этот момент информации (архитектурной, конструкторской, технологической, экономической) о сооружении, к которой имеют доступ все заинтересованные лица [2].

Подготовка архитектурно-строительных проектов в среде BIM — совокупность взаимосвязанных процессов по созданию информационной модели на основе требований заказчика. Технология проектирования, возведения и эксплуатации объекта в BIM рассматривается в разрезе жизненного цикла (от англ. productlifecycle, PLM) изделия, в данном случае, объекта строительства или сооружения. Информационная модель (ИМ), являясь цифровым аналогом, также переживает все стадии ЖЦ: от идеи создания объекта до его реконструкции/демонтажа. На рис. 2 показан поэтапный процесс по формированию рабочей документации при использовании информационной модели.

При BIM-проектировании создается параметрическая модель, которая затем используется для автоматического получения необходимых для документации чертежей. Такой подход усиливает методологию документирования проекта, позволяя не только выполнять полностью согласованные чертежи, но и рассчитывать освещенность, энергопотребление, расход материалов. Информационное моделирование в капитальном строительстве с целью управления жизненным циклом капитального сооружения включает программные продукты PLM (управление жизненным циклом изделия), на данный момент это моделирование нашло свое место в отрасли автоматизированного проектирования (CAD) и находится в основе промышленного производства [3, 4].



Рис. 2. Общие этапы формирования рабочей документации объекта капитального строительства на базе информационной модели

Fig. 2. General stages of the formation of working documentation for a capital construction object based on the information model

Ключевые задачи, решаемые благодаря технологиям управления жизненным циклом:

- 1) управление информацией об объекте;
- 2) управление жизненным циклом;
- 3) полная поддержка жизненного цикла;
- 4) контроль качества.

Цифровизация является центральным элементом современной инновационной и промышленной политики и порождает существенные изменения в различных видах экономической деятельности. Трансформация отраслей на основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) приводит к реорганизации самого производства [5–7]².

В сфере промышленного и гражданского строительства при выполнении архитектурно-проектных работ для объектов капитального строительства компании наиболее сосредоточены на ускорении процессов и получении высокого качества проектной документации. Цифровая модель, сформированная на этапе проектных работ, передается на разработку рабочей документации и далее детализируется. На рис. 3 показана цифровая модель взаимодействия процессов проектирования и производства.

В частности, еще до непосредственного исполнения отдел комплектации может открыть цифровой проект, найти спецификации материалов, направить запросы поставщикам, забронировать материал на складе, запланировать использование производственных мощностей, спланировать логистику, сообщить об отсутствии того или иного материала и попросить внести изменения в модель.

Технические решения по проекту прорабатываются комплексно целым этапом, в который погружены все специалисты, они могут внести изменения в свой раздел модели; автоматически изменения произойдут у всех участников, и в случае выявления проблемы или коллизии будут

² Официальный сайт Минстроя России. URL: <http://www.minstroyrf.ru>; О применении инновационных технологий в строительстве. 4.03.2014 // Официальный сайт Правительства Российской Федерации. URL: <http://government.ru/news/10883/> (дата обращения: 15.03.2020)

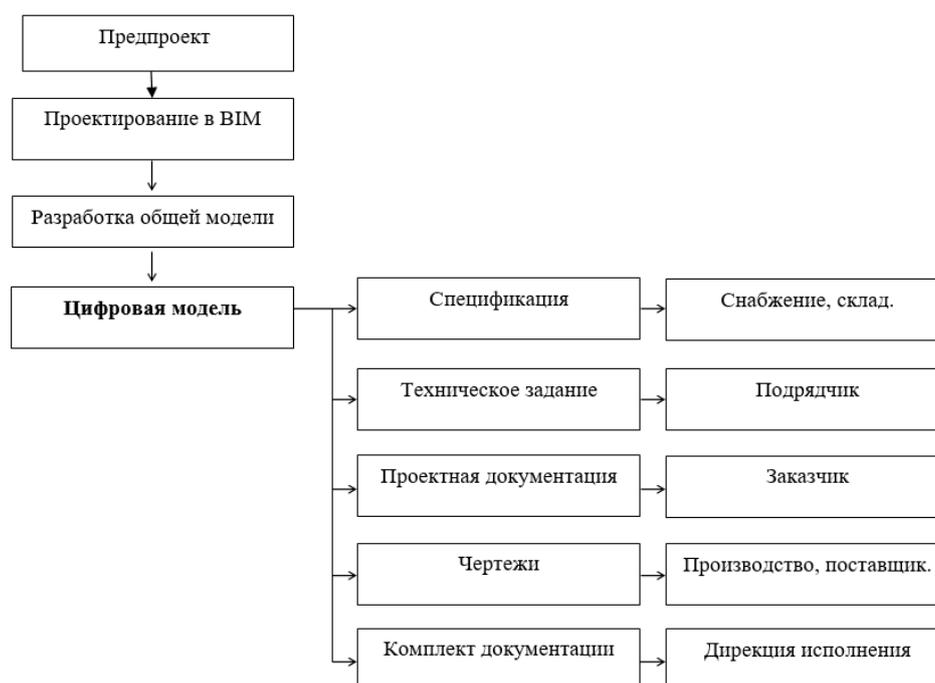


Рис. 3. Модель взаимодействия процессов проектирования и производства

Fig. 3. Model of interaction of design and production processes

предложены новые решения. Исчезает необходимость поэтапного согласования и возврата к переработке проектной документации [8]³.

Технологии BIM как современный тренд в сфере разработки программного обеспечения для строительства включают различные программные продукты, инструменты с возможностью объединения функциональных, экономических, технологических характеристик объектов для экспертной оценки и взаимодействия участников. Тем самым использование технологий BIM напрямую влияет на формирование организационно-управленческие процессы. Конструкторская документация детализирована и преобразована в информационную модель объекта капитального строительства [9].

В информационной модели все элементы проекта скоординированы между собой, в случае выявления недостатков необходимо внести корректировки на конкретный участок модели, где эти недостатки были выявлены. Исправление локальных недостатков будет автоматически отражено во всей модели, это приведет к автоматическому перерасчету стоимости. Спецификации, чертежи и узлы, имеющиеся в модели, тоже будут изменены. Таким образом, существенно сокращаются затраты на разработку документации, улучшаются финансовые показатели проекта, сокращаются временные затраты.

При анализе технико-экономических показателей, необходимо отметить, что в строительном секторе формируется тенденция к развитию систем, снижающих риски строительных объектов и позволяющих за приемлемые сроки реализовать качественные технические решения [10, 11].

BIM- технологии позволяют выполнить точное построение инженерных систем здания, упрощают процесс подбора требуемого оборудования.

³ Проект Концепции внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования. Первая редакция // Официальный сайт Национального объединения изыскателей и проектировщиков (НОПИЗ). URL: <http://nopriz.ru/upload/iblock/b6f/Kontseptsiya-BIM-pervaya-redaktsiya.pdf>; Vim-технологии (рынок России) // Tadviser. 17.09.2020. URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:VIM-технологии_\(рынок_России\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:VIM-технологии_(рынок_России)); Проведение государственной экспертизы BIM-модели // Официальный сайт ГАУ г. Москвы «Московская государственная экспертиза». URL: <https://exp.mos.ru/> (дата обращения: 30.09.2020)

Перераспределение ресурсной базы при формировании технологической карты проектирования по принципу стратегий смешанного типа позволяет выявить наиболее оптимальные соотношения в дифференциации ресурсов строительной компании, определить управленческую стратегию, которая будет сосредоточена на раскрытии технико-экономического потенциала компании. Рост экономических показателей возможен лишь при условии малой или очень большой производственной вовлеченности в систему САД. Т.е. организация, выбравшая путь внедрения процессной цепочки информационного моделирования, должна свести к минимуму количество САД-проектов [12, 13].

Заключение

Информационное моделирование зданий на основе Building Information Model (BIM), включая проектирование, строительство, эксплуатацию, позволяет эффективно управлять всем процессом, достигая высокого качества работ. Внедрение информационного моделирования позволяет сократить временные и денежные затраты на протяжении всего жизненного цикла зданий и сооружений, а концепция единой информационной модели позволяет управлять производственными процессами на всех этапах.

Полученные результаты исследования:

- 1) раскрыты основные направления цифровизации методов управления сферой строительства, связанные с оцифровкой проектной и рабочей процессами ведения строительства;
- 2) разработана модель управления строительным бизнесом на основе цифровых технологий;
- 3) предложена классификация стратегий внедрения технологий BIM на основе критерия использования ресурсов в процессах информационных технологий;
- 4) разработаны инструменты, способствующие эффективному переходу к информационному моделированию в проектной компании;
- 5) раскрыт процесс реорганизации бизнес-процессов компаний, осуществляющих реализацию объектов капитального строительства с использованием BIM-технологий.

В качестве *направлений дальнейшего исследования* авторы рассматривают анализ практического применения модели управления строительным бизнесом на основе цифровых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Коровина М.Д.** Сложности перехода к BIM проектированию // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 12–3. С. 124–127.
2. Формирование цифровой экономики и промышленности: новые вызовы / Под ред. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 660 с.
3. **Савченко Р.Н.** Сложности внедрения BIM в строительстве // Вопросы науки и образования. 2018. № 3.
4. **Turovets Yu.V., Vishnevskiy K.O.** Standardization in digital manufacturing: Implications for Russia and the EAEU. Business Informatics, 2019, no. 13–3, pp. 78–96. DOI: 10.17323/1998-0663.2019.3.78.96
5. **Талапов В.В.** Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК Пресс, 2015. 410 с.
6. **Гелисханов И.З., Юдина Т.Н., Бабкин А.В.** Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. № 6. С. 22–36. DOI: 10.18721/JE.11602
7. **Устинова Л.Н.** Технологическое развитие промышленности на основе продвижения результатов интеллектуальной деятельности // Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество. М.: ИНИОН РАН, 2020. С. 559–564.
8. **Нестеров И.В.** Информационное моделирование в строительстве // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 33–36.

9. **Вишневская А.И., Аблязов Т.Х.** Особенности концепции цифровой трансформации инвестиционно-строительной сферы // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 3–2. С. 28–37.
10. **Роман Н.П., Брянский И.А.** Обзор внедрения BIM в различных странах мира с законодательной и практической стороны // Экономика и предпринимательство. 2020. № 7.
11. **Талапов В.В., Таныгина Е.А.** Об общей схеме информационной модели объекта строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 1(689). С. 91–97.
12. **Скрипкин К.Г.** Экономическая эффективность информационных систем в России. М.: МАКС Пресс, 2014. 156 с.
13. **Султанова И.П.** Анализ методов планирования, управления и разработки организационно-технологических решений в проектах капитального строительства // Вестник МГСУ. 2015. № 7.

REFERENCES

1. **M.D. Korovina**, Slozhnosti perekhoda k BIM proyektirovaniyu [Difficulties of transition to BIM design]. Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk, 2016, no. 12–3, pp. 124–127. (rus)
2. **A.V. Babkin (Ed.)**, Formirovaniye tsifrovoy ekonomiki i promyshlennosti: novyye vyzovy [Formation of the digital economy and industry: New challenges]. St. Petersburg, SPbPU, 2018. 660 p. (rus)
3. **R.N. Savchenko**, Slozhnosti vnedreniya BIM v stroitelstve [Difficulties in implementing BIM in construction]. Voprosy nauki i obrazovaniya, 2018, no. 3. (rus)
4. **Yu.V. Turovets, K.O. Vishnevskiy**, Standardization in digital manufacturing: Implications for Russia and the EAEU. Business Informatics, 2019, no. 13–3, pp. 78–96. DOI: 10.17323/1998-0663.2019.3.78.96
5. **V.V. Talapov**, Tekhnologiya BIM: sut i osnovy vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy [BIM technology: The essence and fundamentals of building information modeling]. Moscow, DMK Press, 2015. 412 p. (rus)
6. **I.Z. Geliskhanov, T.N. Yudina, A.V. Babkin**, Digital platforms in economics: essence, models, development trends. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2018, no. 6, pp. 22–36. (rus). DOI: 10.18721/JE.11602
7. **L.N. Ustinova**, Tekhnologicheskoye razvitiye promyshlennosti na osnove prodvizheniya rezul'tatov intellektualnoy deyatel'nosti [Industrial technological development based on the promotion of the results of intellectual activity]. Bolshaya Evraziya: Razvitie, bezopasnost, sotrudnichestvo. Moscow, INION RAN, 2020, pp. 559–564. (rus)
8. **I.V. Nesterov**, Informatsionnoye modelirovaniye v stroitelstve [Building information modeling]. SAPR i GIS avtomobilnykh dorog, 2014, no. 2(3), pp. 33–36. (rus)
9. **A.I. Vishnivetskaya, T.Kh. Ablyazov**, Osobennosti kontseptsii tsifrovoy transformatsii investitsionno-stroitel'noy sfery [Features of the concept of digital transformation of the investment and construction sector]. Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava, 2019, no. 3–2, pp. 28–37. (rus)
10. **N.P. Roman, I.A. Bryanskyy**, Obzor vnedreniya BIM v razlichnykh stranakh mira s zakonodatel'noy i prakticheskoy storony [Overview of BIM implementation in different countries of the world from the legislative and practical side]. Journal of Economy and entrepreneurship, 2020, no. 7. (rus)
11. **V.V. Talapov, E.A. Tanygina**, About the general chart of informative model of object of the real estate. News of higher educational institutions. Construction, 2017, no. 1(689), pp. 91–97. (rus)
12. **K.G. Skripkin**, Ekonomicheskaya effektivnost informatsionnykh sistem v Rossii [Economic efficiency of information systems in Russia]. Moscow, MAKS Press, 2014. 156 p. (rus)
13. **I.P. Sultanova**, Analysis of planning, management and development methods of organizational and technological solutions in infrastructure projects. Vestnik MGSU, 2015, no. 7, pp. 127–136. (rus)

Статья поступила в редакцию 07.08.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

УСТИНОВА Лилия Николаевна

E-mail: liliia-ustinova@mail.ru

USTINOVA Liliya N.

E-mail: liliia-ustinova@mail.ru

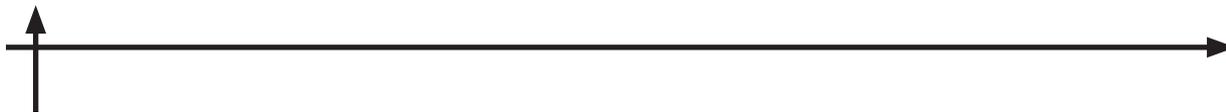
РОМАН Николай Павлович

E-mail: nicolasroman@yandex.ru

ROMAN Nikolay P.

E-mail: nicolasroman@yandex.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020



DOI: 10.18721/JE.13511
УДК 338.242.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Борисов А.А., Чернат И.С.

Вологодский государственный университет,
Вологда, Российская Федерация

Совершенствование оценки инновационных проектов является актуальной задачей для формирующегося четвертого периода теорий управления инновационными процессами — постиндустриальная концепция «Инновации 4.0». Существующие методы оценки инноваций опираются, в основном, на инструментарий теории эффективности инвестиций, что не учитывает всех особенностей инновационных проектов. Целью исследования является совершенствование оценки экономической эффективности освоения инновационных проектов на основе системы сбалансированных показателей. Научная новизна исследования заключается в том, что усовершенствована оценка экономической эффективности инновационных проектов посредством комплексного анализа различных аспектов влияния инновации на основе системы сбалансированных показателей. Это позволяет достичь более объективных результатов при сравнении инвестиционных альтернатив. Результаты исследования могут быть использованы организациями, осваивающими инновационные проекты. На основе проведенного SNW-анализа изучены сильные, нейтральные и слабые позиции организации. Получены следующие результаты: сформирована система сбалансированных показателей по четырем ключевым направлениям (экономика, клиенты, внутренние бизнес-процессы, инновации), учитывающая семь составляющих: стратегию, кадры, маркетинг, производство, финансы, логистику, информационные технологии. В результате выделено шесть стратегических показателей, отражающих ключевые аспекты выделенных направлений и определяющих принятие решения о целесообразности освоения инновационного проекта. Остальные 12 показателей системы будут использоваться для оперативного контроллинга достижения поставленных целей в ходе реализации инновационного проекта. В условиях развития цифровой экономики и появления на предприятиях систем контроллинга с помощью специализированных программ можно в режиме онлайн произвести сопоставление полученных показателей со стратегией организации и определить дальнейшую направленность деятельности, т.е. сделать процесс управления инновационной деятельностью более эффективным. Цифровой площадкой для формирования сбалансированной системы показателей могут служить следующие программные продукты: Microsoft Office Business, ARIS 7.0, Business Studio 2.0, ScoreCard Manager 2005. Дальнейшие исследования будут посвящены апробации и усовершенствованию разработанной системы показателей на предприятиях Вологодской области, осваивающих инновационные проекты.

Ключевые слова: инновации, оценка, SNW-анализ, система сбалансированных показателей, контроллинг

Ссылка при цитировании: Борисов А.А., Чернат И.С. Совершенствование оценки экономической эффективности освоения инновационных проектов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2020. Т. 13, № 5. С. 145–156. DOI: 10.18721/JE.13511

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

IMPROVING THE ESTIMATION OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF INNOVATIVE PROJECTS IMPLEMENTATION

A.A. Borisov, I.S. Chernat

Vologda State University,
Vologda, Russian Federation

Improving the estimation of innovative projects is a topical task for the emerging fourth period of innovation process management theories – the post-industrial concept of “Innovation 4.0”. The existing methods of estimating innovations are based mainly on the tools of the theory of investment efficiency, which does not take into account all the features of innovative projects. Consequently, the purpose of the study is to improve the estimation of the economic efficiency of the innovative projects implementation based on the formation of a system of balanced indicators. Scientific novelty of the study lies in the fact that we improve the estimation of economic efficiency of innovative projects through a comprehensive analysis of various aspects of the innovation impact based on a system of balanced indicators that allows us to achieve more objective results when comparing investment alternatives. Organizations that implement innovative projects can benefit from the study results. The study tested the strengths, neutrals and weaknesses of the organization under study based on the SNW-analysis. The following results were obtained: system of balanced indicators was formed for 4 key areas (economics, customers, internal business processes and innovations), taking into account 7 components: strategy, personnel, marketing, production, finance, logistics and information technology. As a result, 6 strategic indicators were identified that reflect the key aspects of the selected areas and determine the decision on the feasibility of developing an innovative project. The remaining 12 indicators will be used for the online monitoring of the achievement of the aims during the implementation of the innovation project. In the context of the development of the digital economy and the emergence of controlling systems at enterprises, using specialized programs, it is possible to compare the obtained indicators online with the organization’s strategy and determine the further direction of activities, i.e. to make the process of managing innovation more effective. The following software products can serve as a digital platform for creating a balanced scorecard: Microsoft Office Business, ARIS 7.0, Business Studio 2.0, and ScoreCard Manager 2005. Further research will be devoted to testing and improving the developed system of indicators at enterprises of the Vologda Oblast adopting innovative projects.

Keywords: innovations, estimation, SNW-analysis, balanced scorecard, controlling

Citation: A.A. Borisov, I.S. Chernat, Improving the estimation of the economic efficiency of innovative projects implementation, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 13 (5) (2020) 145–156. DOI: 10.18721/JE.13511

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Введение

Существуют разнообразные методы и приемы оценки целесообразности освоения инновационных проектов, но, в связи с недостатком опыта реализации аналогичных проектов и представления о перспективах внедрения, они опираются, в основном, на инструментарий теории оценки эффективности инвестиций или экспертные оценки, что дает неоднозначный результат и не учитывает всех особенностей таких проектов.

Так, применяемый в российской науке ресурсный подход к оценке инновационной деятельности компаний (Т.П. Левченко, В.А. Вареников и др.) предполагает, что основными являются внутриорганизационные ресурсы и корректное управление ими, т.е. анализируются только сильные и слабые стороны внутри компании [1]. Отсутствие анализа не только внутренней, но и внешней среды, а также ее мониторинга влечет за собой формирование недостоверного представления о результатах освоения инноваций.

Многие предприятия на практике используют «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» (N ВК 477 от 21.06.1999). Эти рекомендации учитывают экономический эффект от освоения инновационных проектов, но не учитывает эффектов науч-

но-технического (повышение конкурентные преимуществ) и социального (повышение степени удовлетворенности), который, например, в странах Западной Европы имеет решающее значение.

Эффективность организационно-управленческих инноваций и вовсе не представляется возможным оценить традиционными способами, так как их реализация оказывает косвенное влияние на результаты ведения бизнеса и не всегда поддается выделению.

При этом наиболее сложным представляется определение системы параметров отбора и ранжирования инновационных проектов на начальном этапе инновационной деятельности. Возникает проблема выбора методов или их комбинаций, являющихся наиболее результативными для инвестора при оценке инновационных проектов с целью предотвращения значительных потерь от вложений, что обуславливает актуальность данного исследования.

Целью исследования является совершенствование оценки экономической эффективности освоения инновационных проектов на основе формирования системы сбалансированных показателей.

Объект исследования — предприятия, осваивающие инновационные проекты.

Методы исследования

В работе использованы общенаучные методы исследования: эмпирического (наблюдения, описания, измерения и сравнения) и экспериментально-теоретического уровня (анализ и синтез, индукции и дедукции, логический метод), системный подход.

В основе практической части исследования использован SNW-анализ, являющийся эффективным способом определить конкурентоспособность организации. SNW — это аббревиатура от трех английских слов: S — сильная позиция (сторона), N — нейтральная позиция, W — слабая позиция. Методика в целом аналогична методике проведения SWOT-анализа, но в нее добавлен аспект «нулевой», нейтральной компоненты. Как показала практика, при SNW-анализе предприятия в качестве нейтральной позиции фиксируется среднерыночное состояние для данной конкретной ситуации. Таким образом, при анализе внутренней среды четко фиксируется ситуационное среднерыночное состояние, т.е. своеобразная нулевая точка конкуренции. Поэтому для преимущества в конкурентной борьбе может оказаться достаточным состояние, когда предприятие относительно конкурентов находится в состоянии S лишь по одному ключевому фактору, а по всем остальным — в состоянии N.

Цели анализа: выявить сильные стороны как эффективный ресурс организации, сохранить и использовать их как конкурентное имущество, а слабые стороны (основу конкурентного недостатка) устранить или ликвидировать.

Полученные результаты и их обсуждение

Как уже отмечалось, главный недостаток применяемых подходов состоит в том, что в них анализируются только экономические показатели. Так аналитиками бизнес-процессов ООО «Компания «Макси» (г. Вологда) для оценки эффективности инновационных проектов применяются следующие основные показатели:

- 1) стоимость проекта (величина инвестиционных затрат на реализацию проекта);
- 2) рентабельность (отдача инвестиционных вложений);
- 3) срок окупаемости проекта (рассчитывается на основе сопоставления накапливаемого дохода и накапливаемых затрат по периодам).

Срок окупаемости является ключевым показателем: если он составляет более трех лет, проект в большинстве случаев признается нецелесообразным. Но в настоящее время все большее значение имеет освоение цифровых инноваций. Они имеют высокую стоимость на входе и, соответственно, большой срок окупаемости [2–5].

Поиск эффективных направлений инновационных исследований и разработок должен также основываться на потребностях рынка и конкурентоспособности. Именно отсутствие раздела, анализирующего маркетинговую концепцию, является одним из существенных недостатков «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов».

Исследование рынка в значительной степени снижает степень неопределенности при принятии управленческих решений и позволяет инвестору эффективно распоряжаться собственными ресурсами [6]. Методики, разработанные зарубежными авторами, предлагают оценивать эффективность реализации намеченного проекта вплоть до рекламных мероприятий на каждом из этапов его осуществления. Такие тонкости в разработке бизнес-плана позволяют получить более точные выводы о целесообразности вложения инвестиций. Действующие отечественные методические рекомендации являются универсальными и не учитывают специфику различных сфер экономики. Зарубежный опыт предлагает разнообразные подходы, позволяющие сконцентрировать внимание на отдельных, наиболее серьезных аспектах бизнес-проекта, что делает вопрос привлечения инвесторов более отлаженным и эффективным. Оценка целесообразности освоения проекта согласно методикам, разработанным зарубежными авторами, является более всесторонней и комплексной, она включает различные нюансы, обязывая составителя бизнес-плана расписывать все производственные процессы от начала и до конца [6].

Методы стратегического управления, разработанные Р. Аккоффом, И. Ансоффом, М. Портером, К. Эндрюсом — сторонниками рыночной ориентации определения конкурентной стратегии, — позволяют формировать конкурентные преимущества исходя из ситуации, сложившейся на рынке. Данный подход позволяет анализировать инновационную деятельность в рамках формирования конкурентной стратегии компании. В рамках рыночного подхода проводится анализ внешней среды, важное значение приобретают емкость рынка, масштаб конкуренции, стратегия организации на рынке. Основой данного подхода являются данные о взаимосвязях рынка и результатах деятельности компании [6].

Основываясь на научных трудах в сфере стратегического управления инновациями [7–10], авторами сформирована система исследуемых факторов с учетом особенностей экономической деятельности ООО «Компания «Макси» (г. Вологда). Учитываются семь составляющих: стратегия, кадры, маркетинг, производство, финансы, логистика, ИТ. Оценка производилась посредством сравнения ООО «Компания «Макси» с основными конкурентами (табл. 1).

С помощью специализированных программ, что важно в условиях развития цифровой экономики и появления на предприятиях систем контроллинга [11–12], можно произвести сопоставление полученных показателей со стратегией организации и определить дальнейшую направленность деятельности, т.е. оптимизировать непосредственно сам процесс управления [13].

Важным аспектом при оценке эффективности и результативности деятельности предприятия является комплексный анализ, позволяющий учитывать различные аспекты бизнеса в их совокупности. Инструментом стратегического менеджмента, позволяющим измерить эффективность компании при помощи специально подобранных и взвешенных (сбалансированных) индикаторов, которые всецело отражают ее текущее состояние, является сбалансированная система показателей (Balanced Scorecard, BSC). Это концепция управления реализацией стратегии, позволяющая провести всесторонний анализ деятельности предприятия [14–15].

Для формирования системы стратегического управления необходимо структурировать стратегию организации на отдельные стратегические цели, детально отображающие различные стратегические направления. Стратегические цели связаны друг с другом и оказывают непосредственное влияние друг на друга. Достижение одной цели способствует достижению другой — и так до главной цели компании. Те из них, которые не являются эффективными для реализации главной цели, исключаются из рассмотрения. Показатели BSC представляют собой измерители целей, т.е. являются средствами оценки продвижения к реализации стратегической цели. Ис-

пользование численных критериев необходимо для конкретизации разработанной в ходе стратегического планирования системы целей и призвано сделать разработанные цели измеримыми. Показатели применяются одновременно для оценки результативности процессов и оценки достижения цели.

Таблица 1. SNW-анализ
Table 1. SNW-analysis

| Факторы | Оценка | | | Комментарий |
|--|--------|---|---|--|
| | S | N | W | |
| Стратегия | | | | |
| 1. Система планирования | 1 | | | Расчетно-аналитический метод: определяется базисный уровень основных показателей плана и их изменения в плановом периоде за счет количественного влияния основных факторов, рассчитываются индексы изменения плановых показателей по сравнению с базисным уровнем |
| 2. Стратегия развития предприятия | | 1 | | В основе лежит стратегия роста. Стратегическим вектором развития компании в настоящее время является активное развитие розничной сети «Макси» при сохранении экономической эффективности и устойчивости других видов бизнеса. В сфере розничной торговли краткосрочными целями компании являются увеличение количества розничных магазинов в Вологде, Череповце, Архангельске, Северодвинске, Кирове, Рыбинске, Москве, а также вхождение сети «Макси» на рынок розничной торговли Ярославля. В 2019-2020 гг. компания планировала открыть не менее 30 новых торговых объектов |
| 3. НИОКР | | | 1 | Все виды деятельности компании осуществляются на основании маркетинговых исследований рынка, разработки концепции объекта, проектировании |
| Кадры | | | | |
| 1. Система обучения | 1 | | | Регулярное обучение персонала внутри компании |
| 2. Система мотивации | 1 | | | Мотивация сотрудников в виде вознаграждений за выполнение запланированных задач |
| 3. Организационная структура предприятия | | 1 | | Линейно-функциональная структура |
| 4. Численность персонала | 1 | | | Более 5000 сотрудников, работающих в девяти регионах трех федеральных округов России |
| Маркетинг | | | | |
| 1. Система маркетинга | | 1 | | Направление маркетинга, включающее отдел рекламы, отдел исследований и аналитики, отдел дизайна, отдел интернет-маркетинга, отдел CRM, отдел PR |
| 2. Ассортимент | 1 | | | 8000 наименований продуктов питания, предлагаемых оптовым клиентам. Свыше 400 наименований товаров собственных торговых марок. Среди продуктов — овощная, мясная, рыбная и молочная консервация, бакалея, снеки, кондитерские изделия, алкоголь, товары промышленной группы |
| 3. Товаропроводящая система (дилеры и дистрибьюторы) | | 1 | | Присутствует (один из лидеров оптовых продаж продовольственной группы товаров в Северо-Западном регионе России с обширной клиентской базой оптовых покупателей) |
| 4. Ценовая политика | | 1 | | Средние цены по рынку |
| 5. Объемы продаж | | 1 | | Является одним из лидеров Вологодской области и Северо-Западного федерального округа |
| 6. Ориентация на потребителя | 1 | | | Ключевой показатель деятельности компании — клиентоориентированность |
| 7. Территориальное расположение | 1 | | | По состоянию на 2 квартал 2020 г. торговая сеть располагается в 8 городах России |

| | | | |
|--|---|---|---|
| 8. Имидж организации | 1 | | Федеральная девелоперская компания «Макси Девелопмент» — неоднократный победитель федеральной премии CRE Federal Awards-«Девелопер года – Регионы России» в номинациях «Средний торговый центр» и «Малый торговый центр». Партнер крупнейших транснациональных и российских компаний — лидеров рынка в своих сегментах. Один из крупнейших арендодателей торговой недвижимости Северо-Западного федерального округа России (3-е место по результатам ежегодного всероссийского рейтинга ТОП-50 главных арендодателей Retailer Expansion 2014) |
| Производство | | | |
| 1. Объемы производства | 1 | | 900 тонн продукции, ежемесячно выпускаемой на комбинате пищевого производства и на производственных площадках в гипермаркетах и супермаркетах. С ростом торговой объемы производства растут |
| 2. Качество продуктов и/или услуг | 1 | | Высокое |
| 3. Уровень технической оснащенности | | 1 | Средний по отрасли |
| Финансы | | | |
| 1. Финансовая устойчивость предприятия | | 1 | - объем реализованной продукции – 441233000 руб.; - базовая стоимость реализации – 358787000 руб.; - инновационная добавленная стоимость – 82446000 руб.; - чистая прибыль – 41746000 руб. |
| 2. Оплата труда | 1 | | Выше, чем по отрасли |
| Логистика | | | |
| Зависимость от поставщиков | | 1 | 600 контрактов с производителями и поставщиками продуктов питания, в числе которых крупные транснациональные и отечественные компании. Логистический центр оптовой торговли в Вологде, филиал оптовой торговли в Великом Устюге, офисы оптовых продаж в Вельске и Котласе и Череповце. |
| ИТ | | | |
| ИТ системы | | 1 | В компании есть направление по информационным технологиям. Проводится поэтапная автоматизация всех процессов розничной торговли. В отличие от конкурентов (X5, «Лента», «Магнит»), не освоена технология электронных ценников, ScanGo. |

На основе проведенных эмпирических исследований Р. Каплан и Д. Нортон заключили, что крупные компании в BSC учитывают, как минимум, четыре перспективы:

- 1) финансы;
- 2) клиенты;
- 3) внутренние бизнес-процессы;
- 4) обучение и карьерный рост.

Для обеспечения дополнительной конкурентоспособности и дифференциации от конкурентов розничной сети предлагается активно реализовывать ряд функциональных стратегий в четырех направлениях в рамках усовершенствованной системы сбалансированных показателей:

- 1) экономика;
- 2) клиенты;
- 3) внутренние бизнес-процессы;
- 4) инновации.

Представляется целесообразным заменить направление «Финансы» направлением «Экономика», так как это дает возможность рассматривать больший спектр показателей. Четвертым направлением предлагается выделить «Инновации», так как речь идет об инновационной компании.

Рекомендуемое количество отслеживаемых параметров для оценки эффективности предприятия в целом равняется 20. Отслеживание ведется с помощью автоматизированной системы, так как без нее человеку трудно справиться с таким объемом информации [16] Для подбора и оцен-

ки параметров в данной работе использован понятийный аппарат, разработанный профессором А.Н. Шичковым [17–20] (табл. 2).

Таблица 2. Сбалансированная система показателей
Table 2. Balanced scorecard

| Цели | Показатели | Оценка |
|---|--|--|
| Экономика | | |
| Увеличение оборота | Объем реализованной продукции — V_{sv} (sales volume) | |
| Повышение доходности | Рентабельность производства — R | P/C , где P — прибыль, полученная от реализации, руб., C — затраты, руб. |
| | Доля выручки направления пищевого производства в общей выручке сектора — D_{fp} (food production) | |
| | Маржинальность пищевого производства — M_{fp} | $V_{fp} - V_{bfp}$, где V_{bfp} — базовая стоимость реализации продукции направления пищевого производства, руб. |
| Снижение потребности капитала | Коэффициент капиталоемкости — k_k | K/V_{sv} , где K — объем капиталовложений в периоде, руб. |
| Клиенты | | |
| Увеличение доли рынка | Доля рынка — S_m (market) | |
| Снижение количества претензий | Доля рекламаций — S_c (complaint) | |
| Трекинг удовлетворенности | Коэффициент удовлетворенности — NPS | $N_s/N \cdot 100\%$, где N_s (satisfaction) — количество удовлетворенных клиентов, N — общее количество опрошенных клиентов |
| Клиентоориентированность | Количество постоянных покупателей — N_{rc} (regular customers) | |
| Внутренние бизнес-процессы | | |
| Оптимизация операционных затрат | Затраты логистики, приходящиеся на единицу товарооборота — S_l (logistics) | $C_l/Z \cdot 100\%$, где C_l — логистические затраты за период, руб., Z — товарооборот за период, руб. |
| | Доля чрезмерных товарных запасов — S_{es} (excessive stocks) | |
| Повышение производительности труда | Стоимостная производительность труда — T | $V_{sv}/N \cdot t$, где N — количество сотрудников, участвующих в процессе производства продукции, t — рабочее время, час |
| Снижение объема упущенных продаж | Показатель представленности товаров — OSA (On Shelf Availability) | |
| | Показатель невозможности приобретения товаров — OOSh (Out of Shelf) | |
| Инновации | | |
| Производство и продвижение собственных торговых марок | Доля выручки по продукции собственных торговых марок в общем объеме — S_{ob} (own brand) | $V_{ob}/V_{sv} \cdot 100\%$, где V_{ob} — объем реализованной продукции собственных торговых марок, руб. |
| Повышение роли научных исследований | Расходы на НИОКР — RIM (Research Intensity Metric) | C_{rd}/V_{sv} , где C_{rd} (research and development) — затраты на исследования и разработки. |
| Освоение новых технологий | Показатель уровня сбережений предприятия от использования новых технологий — CSR (Cost Saving Ratio) | EB/P_0 , где EB (economical benefits) — экономическая выгода от реализации инновационных проектов, руб., P_0 — чистая прибыль компании за период, руб. |

| | | |
|---|------------------------------------|---|
| Продуктовые инновации | Удельный вес новой продукции — W | V_{nps}/V_{sv} , где V_{nps} (new product sales) — объем реализации новой продукции, руб. |
| Повышение роста рыночной стоимости компании | Коэффициент Тобина — q | U_m/U_c , где U_m — рыночная стоимость компании, руб., U_c — восстановительная стоимость активов компании, руб. |

Для прогнозирования долгосрочной и краткосрочной инновационной деятельности компании анализ и совершенствование данных параметров должны проводиться регулярно.

С целью создания единой платформы взаимодействия различных сфер (экономической, технической, социальной) на основе взаимодействия реальных физических и виртуальных систем необходимо формирование цифровой платформы контроллинга. Данная площадка позволит сектору экономики беспрепятственно взаимодействовать со всеми заинтересованными в инновационной деятельности участниками. Цифровой площадкой для формирования сбалансированной системы показателей могут служить следующие программные продукты: Microsoft Office Business, ARIS 7.0, Business Studio 2.0, ScoreCard Manager 2005.

Одна из сильных сторон сбалансированной системы показателей заключается в том, что предложенная концепция выступает в качестве платформы для интеграции стратегического и оперативного управления — следовательно, может применяться как для оценки целесообразности освоения инновационного проекта, так и для контроля достижения поставленных целей в ходе его реализации. Целями стратегической оценки проекта в направлении «Экономика» служат объем реализованной продукции и рентабельность, являющиеся основными абсолютным и относительным результирующими показателями деятельности.

В инновационной экономике наиболее устойчивое развитие предприятия любой отрасли может быть достигнуто путем активного воздействия на потребительский рынок. В связи с этим, ключевым контролируемым показателем в направлении «Клиенты» является увеличение доли рынка. В направлении «Внутренние бизнес-процессы» ключевой показатель — стоимостная производительность труда: отношение стоимости произведенного продукта в денежном выражении к затратам рабочего времени. В направлении «Инновации» — коэффициент Тобина, характеризующий инвестиционную привлекательность фирмы, и показатель уровня сбережений предприятия от использования новых технологий.

Данные показатели отражают ключевые аспекты выделенных направлений, в связи с чем их расчет и анализ ляжет в основу принятия решения о целесообразности освоения инновационного проекта. Посредством остальных показателей будет осуществляться оперативный контроль, заключающийся в оценке состояния предприятия, производственного процесса и сравнения с ориентирами и нормативами, а также выявлении отклонений от поставленных целей и причин этих отклонений; корректировке целей и этапов стратегической программы в случае необходимости.

Разработанная система показателей апробирована на примере ранее рассмотренного в организации проекта по автоматизации контроля показателей On Shelf Availability (OSA), Out of Shelf (OOSH). Автоматизация позволила отслеживать наличие товара на полках розничных торговых точек и повысить точность аналитической информации. Стоимость проекта складывается из затрат на интеграцию (1500000 руб.) и лицензию (3828000 руб./год). Экономический эффект выражается в увеличении товарооборота на 1,5%. В табл. 3 приведена оценка целесообразности освоения данного проекта посредством сбалансированной системы показателей. Кроме расчетного показателя (по проекту) в таблице присутствуют ориентировочный (плановый) показатель и фактический показатель, т.е. то, чему равен тот или иной показатель на данный момент.

Из таблицы видно, что все расчетные показатели превышают значения ориентиров, кроме показателей S_m и T . Для принятия решения о целесообразности освоения инновационного проекта

необходимо определить удельный вес каждого из критериев и предусмотреть систему подсчета итогового балла. Расчет удельных весов предлагается производить методом парных сравнений, тем самым все критерии будут проранжированы по степени важности (табл. 4).

Таблица 3. Апробация сбалансированной системы показателей
Table 3. Testing a balanced scorecard

| Показатель | Фактический показатель | Ориентировочный показатель/план | Расчетный показатель |
|--|------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Рентабельность | – | 1,0 | 1,5 |
| Объем реализованной продукции, млн. руб./год | 24027,8 | 24268,3 | 36404,8 |
| Доля рынка, % (по России) | 0,0008 | 0,0025 | 0,0011 |
| Производительность труда, руб./чел.-час | 4012,73 | 4212,88 | 4072,92 |
| CSR | – | 0,50 | 0,52 |
| Коэффициент Тобина | 0,97 | > 1 | 1,00 |

Таблица 4. Оценка удельного веса показателей
Table 4. Estimation the specific weight of indicators

| Показатели | Результаты сравнения | | | | | | Сумма баллов | Удельный вес |
|-------------------------------|----------------------|---|---|---|---|---|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| Рентабельность | | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 6 | 0,20 |
| Объем реализованной продукции | 1 | | 1 | 2 | 2 | 1 | 7 | 0,23 |
| Доля рынка | 1 | 1 | | 2 | 2 | 1 | 7 | 0,23 |
| Производительность труда | 1 | 0 | 0 | | 1 | 0 | 2 | 0,07 |
| CSR | 0 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 1 | 0,04 |
| Коэффициент Тобина | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | | 7 | 0,23 |
| Итого | | | | | | | 30 | 1 |

Подсчет итогового балла предлагается осуществлять следующим способом: если расчетный показатель равен или превышает значение ориентира, то число, равное удельному весу, войдет в итоговый балл; если расчетный показатель меньше значения ориентира, то число, равное удельному весу данного показателя, в сумму итогового балла не войдет. Соответственно, если итоговая сумма при подсчете показателей > 0,5, то проект признается целесообразным. Исходя из расчетных данных таблицы 3, проект признается целесообразным, так как итоговый результат равен 0,7.

Выводы

Таким образом, показано, что инновационные проекты до сих пор оценивают с помощью стандартных методов оценки инвестиционных проектов. Существенные различия инновационных и инвестиционных проектов приводят к тому, что стандартные методы оценки конечного результата нововведения стали неактуальными. Выявлено, что сбалансированная система показателей интегрирует в себе функции стратегического и оперативного управления, а значит, может применяться как для оценки целесообразности освоения инновационного проекта, так и для контроля достижения поставленных целей в ходе его реализации.

Основные полученные результаты.

1. Предложен подход по совершенствованию оценки экономической эффективности инновационных проектов.

2. Сформирована система сбалансированных показателей по четырем ключевым направлениям (экономика, клиенты, внутренние бизнес-процессы, инновации), учитывающая семь составляющих: стратегию, кадры, маркетинг, производство, финансы, логистику, информационные технологии.

3. Выделено шесть стратегических показателей, отражающих ключевые аспекты выделенных направлений и определяющих принятие решения о целесообразности освоения инновационного проекта. Остальные 12 показателей системы контроллинга будут использоваться для оперативного контроля достижения поставленных целей в ходе реализации инновационного проекта.

Научная новизна исследования заключается в том, что усовершенствована оценка экономической эффективности инновационных проектов посредством комплексного анализа различных аспектов влияния инновации на основе системы сбалансированных показателей, что позволяет достичь более объективных результатов при сравнении инвестиционных альтернатив.

Практическая значимость заключается в возможности использования предложенных разработок при проведении сравнительной оценки возможных инновационных проектов ООО «Компания «Макси» и других предприятий, осваивающих инновационные проекты.

Направления дальнейших исследований

Дальнейшие исследования будут посвящены апробации и усовершенствованию разработанной системы показателей на предприятиях Вологодской области, осваивающих инновационные проекты. Особое внимание будет уделено разработке цифровой платформы контроллинга с использованием наработок формирующегося на базе Вологодского государственного университета научно-образовательного кластера «Цифровые технологии в экономике».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левченко Т.П., Вареников В.А. Ресурсный подход как способ оценки инновационной активности предприятия // Науковедение. 2016. № 8–4.
2. Формирование цифровой экономики и промышленности: новые вызовы / Под ред. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 660 с.
3. Тенденции развития экономики и промышленности в условиях цифровизации / Под ред. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 658 с.
4. Цифровизация экономических систем: теория и практика / Под ред. А. В. Бабкина. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. 796 с.
5. Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. № 3. С. 9–25. DOI: 10.18721/JE.10301
6. Сорокина М.Ю., Крыжановский О.А. Отечественные и зарубежные методики оценки эффективности инвестиций: сравнительный анализ // Молодой ученый. 2014. № 4(63). С. 610–613.
7. Бабкин А.В., Бухвальд Е.М. Проблемы стратегического планирования в региональном и муниципальном звене управления Российской Федерации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2015. № 4 (223). С. 25–37. DOI: 10.5862/JE.223.2
8. Nurulin Y., Tukkel I., Skvortsova I., Torkkeli M. Role of knowledge in management of innovation. Resources, 2019, no. 8, 87.
9. Kolbachev E. Institutional methodology and the instruments of the natural science for the development of the innovation theory. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development, 2014, no. 36–2, pp. 316–324.
10. Shichkov A., Kremlyova N., Akhmetov T. Model and toolkit of innovation activity in the engineering business. Proceedings of the International Scientific-Practical Conference International Scientific-Prac-

tical Conference "Business Cooperation as a Resource of Sustainable Economic Development and Investment Attraction" (ISPCBC 2019), 2019, pp. 443–445. DOI: 10.2991/ispcbc-19.2019.50

11. **Фалько С.Г.** Контроллинг в процессе внедрения и оптимизации производственных систем // Контроллинг. 2017. № 1(63). С. 2–5.

12. **Фалько С.Г., Чугунов В.С.** Контроллинг: представление и использование знаний в управлении организацией // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2017. № 3. С. 4–11.

13. **Акиншина А.В., Костеев В.А.** Специалист по управлению инновациями в компании: специфика профессии // Инновации. 2015. № 11. С. 79–85.

14. **Kaplan R.S., Norton D.P.** Using the balanced scorecard as a strategic management system. Harvard Business Review, 1996, no. 1, pp. 75–85.

15. **Фридаг Х.** Сбалансированная система показателей: руководство по внедрению. М.: Омега-Л, 2006. 267 с.

16. **Борисов А.А.** Формирование системы параметров, определяющих стоимость инженерного бизнеса // Организация производства. 2014. № 3(62). С. 19–22.

17. **Shichkov A., Babkin I., Kremlyova N., Borisov A.** Tools to create innovation investment project based on conversion operation cycle in the context of digitalization. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, no. 497, 012092. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012092

18. **Shichkov A.N.** Designing manufacturing-technological systems. Scientific Israel-Technological Advantages, 2016, no. 18–1, pp. 89–106.

19. **Shichkov A.N.** Innovative enhancement of an engineering business: Operation cycle method. Scientific Israel-Technological Advantages, 2016, no. 18–4, pp. 100–111.

20. **Shichkov A.N.** Designing of innovative tasks for manufacturing-technological systems. Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries: papers and commentaries of The 1st International Academic Congress. Japan, Tokyo, 25 Oct. 2014. Tokyo University Press, pp. 159–165.

REFERENCES

1. **T.P. Levchenko, V.A. Varenikov,** Resource-based approach to the estimation of innovative activity of an enterprise. Naukovedenie, 2016, no. 8–4. (rus)

2. **A.V. Babkin, (Ed.),** Formirovaniye tsifrovoy ekonomiki i promyshlennosti: novyye vyzovy [Formation of the digital economy and industry: new challenges]. St. Petersburg, Polytechnic university, 2018. 660 p. (rus)

3. **A.V. Babkin, (Ed.),** Tendentsii razvitiya ekonomiki i promyshlennosti v usloviyakh tsifrovizatsii [Trends in economic and industrial development in the context of digitalization]. St. Petersburg, Polytechnic university, 2017. 658 p. (rus)

4. **A.V. Babkin, (Ed.),** Tsifrovizatsiya ekonomicheskikh sistem: teoriya i praktika [Digitalization of economic systems: theory and practice]. St. Petersburg, Politekh-Press, 2020. 796 p. (rus)

5. **A.V. Babkin, D.D. Burkaltseva, D.G. Kosten, Yu.N. Vorobev,** Formation of digital economy in Russia: essence, features, technical normalization, development problems. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2017, no. 3, pp. 9–25. (rus). DOI: 10.18721/JE.10301

6. **M.Yu. Sorokina, O.A. Kryzhanovskiy,** Otechestvennyye i zarubezhnyye metodiki otsenki effektivnosti investitsiy: sravnitelnyy analiz [Domestic and foreign methods of evaluation of investment efficiency: a comparative analysis]. Molodoy uchenyy, 2014, no. 4(63), pp. 610–613. (rus)

7. **A.V. Babkin, E.M. Bukhvald,** Strategic planning issues at the regional and municipal level management of the Russian Federation, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 4 (223) (2015) 25–37. DOI: 10.5862/JE.223.2

8. **Y. Nurulin, I. Tukkel, I. Skvortsova, M. Torkkeli,** Role of knowledge in management of innovation. Resources, 2019, no. 8, 87.

9. **E. Kolbachev,** Institutional methodology and the instruments of the natural science for the development of the innovation theory. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development, 2014, no. 36–2, pp. 316–324.

10. **A. Shichkov, N. Kremlyova, T. Akhmetov,** Model and toolkit of innovation activity in the engineering business. Proceedings of the International Scientific-Practical Conference International Scientific-Prac-

tical Conference "Business Cooperation as a Resource of Sustainable Economic Development and Investment Attraction" (ISPCBC 2019), 2019, pp. 443–445. DOI: 10.2991/ispcbc-19.2019.50

11. **S.G. Falko**, Kontrolling v protsesse vnedreniya i optimizatsii proizvodstvennykh sistem [Controlling in the process of implementing and optimizing production systems]. Kontrolling, 2017, no. 1(63), pp. 2–5. (rus)

12. **S.G. Falko, V.S. Chugunov**, Controlling: Representation and using the knowledge in organization administering. Vestnik YuRGTU (NPU). Seriya Sotsialno-ekonomicheskie nauki, 2017, no. 3, pp. 4–11. (rus)

13. **A.V. Akinshina, V.A. Kosteyev**, Innovation manager in a company: profession specifics. Innovations, 2015, no. 11, pp. 79–85. (rus)

14. **R.S. Kaplan, D.P. Norton**, Using the balanced scorecard as a strategic management system. Harvard Business Review, 1996, no. 1, pp. 75–85.

15. **Kh. Fridag**, Sbalansirovannaya sistema pokazateley: rukovodstvo po vnedreniyu [Balanced scorecard: implementation guide]. Moscow, Omega-L, 2006. 267 p. (rus)

16. **A.A. Borisov**, Formirovaniye sistemy parametrov, opredelyayushchikh stoimost inzhenerenogo biznesa [Formation the system of parameters increasing the cost of engineering business]. Organizatsiya proizvodstva, 2014, no. 3(62), pp. 19–22. (rus)

17. **A. Shichkov, I. Babkin, N. Kremlyova, A. Borisov**, Tools to create innovation investment project based on conversion operation cycle in the context of digitalization. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, no. 497, 012092. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012092

18. **A.N. Shichkov**, Designing manufacturing–technological systems. Scientific Israel-Technological Advantages, 2016, no. 18–1, pp. 89–106.

19. **A.N. Shichkov**, Innovative enhancement of an engineering business: Operation cycle method. Scientific Israel-Technological Advantages, 2016, no. 18–4, pp. 100–111.

20. **A.N. Shichkov**, Designing of innovative tasks for manufacturing–technological systems. Fundamental and Applied Studies in the Pacific and Atlantic Oceans Countries: papers and commentaries of The 1st International Academic Congress. Japan, Tokyo, 25 Oct. 2014. Tokyo University Press, pp. 159–165.

Статья поступила в редакцию 27.08.2020.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / THE AUTHORS

БОРИСОВ Александр Алексеевич

E-mail: borisov_84@mail.ru

BORISOV Aleksandr A.

E-mail: borisov_84@mail.ru

ЧЕРНАТ Ирина Сергеевна

E-mail: irina.chernat@mail.ru

CHERNAT Irina S.

E-mail: irina.chernat@mail.ru

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020

Научное издание

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

ST. PETERSBURG STATE POLYTECHNICAL UNIVERSITY JOURNAL. ECONOMICS

Том 13, № 5, 2020

Учредитель – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-52146 от 11 декабря 2012 г.

Р е д а к ц и я

д-р экон. наук, профессор *В.В. Глухов* – председатель редколлегии,
д-р экон. наук, профессор *А.В. Бабкин* – зам. председателя редколлегии,
А.А. Родионова – секретарь редакции

Телефон редакции 8(812)297–18–21

E-mail: economy@spbstu.ru

Компьютерная верстка *А.А. Кононовой*