



**САМАРСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Самарский национальный
исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва

ВЕСТНИК

САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

**ЭКОНОМИКА И
УПРАВЛЕНИЕ**

VESTNIK

OF SAMARA UNIVERSITY

**ECONOMICS AND
MANAGEMENT**

ISSN 2542-0461 Print
ISSN 2782-3008 Online

ТОМ 15 • № 4 • 2024 ГОД

**Вестник
Самарского
университета.
Экономика
и управление**

**ISSN 2542-0461 Print
ISSN 2782-3008 Online**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**Vestnik of
Samara University.
Economics and
Management**

**Издается с 2011 года
Выходит 4 раза в год
(Т. 15, № 4 – 2024)**

Главный редактор:

Богатырев В. Д. – д.э.н., проф. (Самара, Россия)

Заместители главного редактора:

Сараев Л. А. – д.ф.-м.н., проф. (Самара, Россия)

Тюкавкин Н. М. – д.э.н., проф. (Самара, Россия)

Ответственный секретарь:

Юкласова А. В. – к.э.н., доц. (Самара, Россия)

Редакционный совет:

Ермакова Ж. А. – д.э.н., проф. (Оренбург, Россия)

Лапаев Д. Н. – д.э.н., проф. (Нижний Новгород, Россия)

Нижегородцев Р. М. – д.э.н., проф. (Москва, Россия)

Савватеев А. В. – д.э.н., проф. (Москва, Россия)

Фалько С. Г. – д.э.н., проф. (Москва, Россия)

Шинкевич А. И. – д.э.н., проф. (Казань, Россия)

Редакционная коллегия:

Герасимов К. Б. – д.э.н., проф. (Самара, Россия)

Гераськин М. И. – д.э.н., проф. (Самара, Россия)

Грачева М. В. – д.э.н., проф. (Москва, Россия)

Иваненко Л. В. – д.э.н., проф. (Самара, Россия)

Искосков М. О. – д.э.н., проф. (Тольятти, Россия)

Киселева О. Н. – д.э.н., проф. (Саратов, Россия)

Кузнецов Ю. А. – д.ф.-м.н., проф. (Нижний Новгород, Россия)

Миронова Е. А. – д.э.н., проф. (Самара, Россия)

Радченко В. П. – д.ф.-м.н., проф. (Самара, Россия)

Ростова Е. П. – д.э.н., доц. (Самара, Россия)

Хмелева Г. А. – д.э.н., проф. (Самара, Россия)

Яшин С. Н. – д.э.н., проф. (Нижний Новгород, Россия)

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Вестник Самарского университета. Экономика и управление
Vestnik of Samara University. Economics and Management

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ — федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет)

Выпускающий редактор Л.А. Сараев

Компьютерная верстка, макет А.В. Юкласова, Л.А. Сараев

Адрес учредителя и издателя:
Самарский университет, Центр периодических изданий, 443086, Российская Федерация, Самарская область, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Адрес редакции:
443011, Российская Федерация, Самарская область, г. Самара, ул. Академика Павлова, 1.
Тел. +7(846) 3345452
E-mail: eco.vestnik@mail.ru
URL: <http://journals.ssau.ru/eco>

Бизнес-модель: финансируется за счет средств учредителя.

Прежнее название – «Вестник Самарского государственного университета. Серия “Экономика и управление”». Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № 77-12398, ISSN 2411-6041

Авторские статьи не обязательно отражают мнение издателя.

Периодическое печатное издание, журнал, зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, регистрационный номер серии ПИ № ФС 77-67857 от 28.11.2016

Подписано в печать 21.01.2025.
Выход в свет 28.01.2025.
Формат 60×86/8. Бумага офсетная.
Печать оперативная. Печ. л. 30.5. Тираж 200 экз. (первый завод – 30 экз.)

Заказ № .

Журнал индексируется в базах данных: eLIBRARY.RU, РИНЦ, ВИНТИ, ULRICH'S Periodical Directory, CROSSREF. Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

- 5.2.2 – Математические, статистические и инструментальные методы в экономике;
- 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика.

Полнотекстовый доступ к статьям журнала осуществляется на портале Самарского университета (<https://journals.ssau.ru/eco>), сайтах научных библиотек eLibrary (<http://elibrary.ru>) и КиберЛенинка (<https://cyberleninka.ru>), портале научных журналов «Эко-Вектор» (<https://journals.eco-vector.com>).

© Коллектив авторов, 2024

© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Отпечатано в типографии Самарского университета, 443086, Российская Федерация, Самарская область, г. Самара, Московское шоссе, 34. URL: <http://www.ssau.ru/info/struct/otd/common/edit>

Подписной индекс в Объединенном интернет-каталоге «Пресса России» 80305 ISSN 2542-0461 Print, ISSN 2782-3008 Online.

Цена свободная. 0 +

Vestnik
Samarskogo
universiteta.
Ekonomika i upravlenie

ISSN 2542-0461 Print
ISSN 2782-3008 Online

SCIENTIFIC JOURNAL

Vestnik
of Samara
University.
Economics
and Management

Published since 2011
4 issues per year
(2024, vol. 15, no. 4)

Editor-in-Chief:

Bogatyrev V. D. (Samara, Russia)

Deputies Editor-in-Chief:

Saraev L. A. (Samara, Russia)

Tyukavkin N. M. (Samara, Russia)

Executive Secretary:

Yuklasova A. V. (Samara, Russia)

Editorial Council:

Ermakova G. A. (Orenburg, Russia)

Lapaev D. N. (Nizhny Novgorod, Russia)

Nizhegorodtsev R. M. (Moscow, Russia)

Savvateev A. V. (Moscow, Russia)

Falco S. G. (Moscow, Russia)

Shinkevich A. I. (Kazan, Russia)

Editorial Board:

Gerasimov K. B. (Samara, Russia)

Geraskin M. I. (Samara, Russia)

Gracheva M. V. (Moscow, Russia)

Ivanenko L. V. (Samara, Russia)

Iskoskov M. O. (Togliatti, Russia)

Kiseleva O. N. (Saratov, Russia)

Kuznetsov Yu. A. (Nizhny Novgorod, Russia)

Mironova E. A. (Samara, Russia)

Radchenko V. P. (Samara, Russia)

Rostova E. P. (Samara, Russia)

Khmeleva G. A. (Samara, Russia)

Yashin S. N. (Nizhny Novgorod, Russia)

SCIENTIFIC PUBLICATION

Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie
Vestnik of Samara University. Economics and Management
JOURNAL FOUNDER AND PUBLISHER
Samara National Research University (Samara University)

Edited by L. A. Saraev
Compiled and typeset by A. V. Yuklasova, L. A. Saraev

Founder and Publisher: Samara University,
Centre of Periodical Publications of Samara University,
34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian
Federation.

Postal address of editorial office: 1, Akademika Pavlova,
Samara, 443011, Russian Federation.

Tel. +7(846) 3345452

E-mail: eco.vestnik@mail.ru

URL: <https://journals.ssau.ru/eco>

Subscription Index in the Joint online
Catalog of Internet «Press of Russia»
80305

ISSN 2542-0461 Print
ISSN 2782-3008 Online

The Certificate on registration of means
of mass-media ПИ № 77-67857 from 28.11.2016,
is given by the Federal Service for Supervision
of Communications, Information
Technology and Mass Communications.

Business model: funded by the founder.

Former title – «Vestnik of Samara State
University. Series “Economics and Management”».
Certificate on registration of means of
mass-media ПИ № 77-12398, ISSN 2411-6041

Author's articles do not necessarily reflect the views of
the publisher.

Passed for printing 21.01.2025. Format 60×84/8.
Litho paper. Instant print. Print. sheets 30.5.
Circulation 200 copies (first printing – 30 copies).

Indexing in databases: eLIBRARY.RU RSCI VINITI ULRICH'S Periodical Directory CROSSREF.


The Journal is included by the HAC in the List of leading scientific editions, where basic scientific results of theses for the degree of Candidate of Sciences, for the degree of Doctor of Sciences should be published:

- 5.2.2 – Mathematical, Statistical and Instrumental Methods in Economics;
- 5.2.3 – Regional and Sectoral Economics.

The full-text electronic version of journal is hosted by the Samara University portal (<https://journals.ssau.ru/eco>), websites of scientific libraries eLibrary (<http://elibrary.ru>) and CyberLeninka (<https://cyberleninka.ru>), the Eco – Vector Journals Portal (<https://journals.eco-vector.com>).

© Authors, 2024

© Samara University, 2024 (Compilation, Design and Layout)

 The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Printed on the printing house of Samara University 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation
URL: <https://www.ssau.ru/info/struct/otd/common/edit> Free price. 0 +

Содержание

<i>Богдашкин А. Р., Ростова Е. П.</i> “Моделирование деятельности компании, предоставляющей услуги в области информационной безопасности”	9
<i>Веревкин Д. Н., Иванов Д. Ю.</i> “Динамические сбалансированные модели механизма управления поставками с учетом инвестиций в снижение затрат”	22
<i>Ермакова А. А., Цапенко М. В.</i> “Системный анализ эффективности функционирования отраслей промышленного производства на региональном уровне”	36
<i>Зотьев Д. Б., Чернышова Д. И.</i> “Об эргодичности экономических процессов, представленных временными рядами”	45
<i>Орлова К. Ю., Петрова А. В.</i> “Проектирование информационной системы для предприятия общественного питания с учетом внедрения системы стимулирования персонала службы доставки”	63
<i>Родионова К. А., Сараев Л. А.</i> “Модель динамики развития предприятия, учитывающая переработку его производственных отходов”	76
<i>Ростова Е. П., Черкасова Н. А.</i> “Обоснование отраслевого подхода в исследовании и моделировании процессов экономической динамики”	89
<i>Алайцева Т. В.</i> “К вопросу о современных функциях рынка ценных бумаг в социально-экономическом развитии России”	102
<i>Кузнецова Е. А., Череповицына А. А.</i> “Проекты улавливания углекислого газа: специфика реализации и оценка затрат (на примере угольных электростанций в России)”	114
<i>Лукьянова В. В., Юкласова А. В.</i> “Развитие экономической деятельности предприятий перерабатывающей промышленности как фактор экономической стабильности и независимости государства”	128
<i>Манукян М. М., Рамзаев В. М.</i> “Актуальные вопросы устойчивости экономики в условиях глобальных изменений современности”	139
<i>Неволин А. Е.</i> “Методические подходы к оценке эффективности стратегических планов горно-металлургической компании”	149
<i>Петрушина М. С., Термелева А. Е., Термелева Е. Е.</i> “Влияние государственного регулирования на состояние научной сферы в Российской Федерации”	166
<i>Подборнова Е. С.</i> “Влияние цифровых двойников на оптимизацию бизнес-процессов промышленных предприятий”	177
<i>Яшин С. Н., Яшина Н. И., Кошелев Е. В.</i> “Построение и применение инновационного рейтинга регионов с использованием технологии случайного леса”	187

-
- Алайцева Т. В., Ряжеева Ю. И.* “Применение гибких проектных технологий в условиях геополитического кризиса: отраслевой и региональный аспекты” 202
- Заводчикова Т. Б.* “Нефинансовая отчетность как коммуникативный инструмент корпоративной социальной ответственности” 213
- Калмыкова О. Ю., Соловова Н. В., Трубицын К. В., Тупоносова Е. П.* “Совершенствование методов формирования кадрового резерва таможенных органов” 223

Contents

<i>Bogdachkin A. R., Rostova E. P.</i> “Modeling the activities of a company providing information security services”	9
<i>Verevkin D. N., Ivanov D. Yu.</i> “Formation of dynamic balanced models of the supply management mechanism, taking into account investments in cost reduction”	22
<i>Ermakova A. A., Tsapenko M. V.</i> “System analysis of the efficiency of functioning of industrial production sectors at the regional level”	36
<i>Zot’ev D. B., Chernyshova D. I.</i> “On the ergodicity of economic processes represented by time series”	45
<i>Orlova K. Yu., Petrova A. V.</i> “Developing an Information System for a Public Catering Enterprise Taking Into Account the Implementation of an Incentive System for Delivery Service Personnel”	63
<i>Rodionova K. A., Saraev L. A.</i> “Model of the dynamics of enterprise development, taking into account the processing of its production waste”	76
<i>Rostova E. P., Cherkasova N. A.</i> “Justification of the sectoral approach in the study and modeling of economic dynamics processes”	89
<i>Alaytseva T. V.</i> “On the issue of modern functions of the securities market in the socio-economic development of Russia”	102
<i>Kuznetsova E. A., Cherepovitsyna A. A.</i> “Carbon dioxide capture projects: specifics of implementation and cost estimation (on the example of coal-fired power plants in Russia)”	114
<i>Lukyanova V. V., Yuklasova A. V.</i> “Development of economic activities of processing industry enterprises as a factor of economic stability and independence of the state”	128
<i>Manykyan M.M., Ramzaev V.M.</i> “Current issues of economic sustainability in the context of global modern changes”	139
<i>Nevolin A. E.</i> “Methodological approaches to assessing the effectiveness of strategic plans of a mining and metallurgical company”	149
<i>Petrushina M. S., Termeleva A. E., Termeleva E. E.</i> “The Impact of Government Regulation on the State of the Scientific Sphere in the Russian Federation”	166
<i>Podbornova E. S.</i> “The influence of digital twins on the optimization of business processes of industrial enterprises”	177
<i>Yashin S. N., Yashina N. I., Koshelev E. V.</i> “Construction and application of innovative rating of regions using random forest technology”	187
<i>Alaytseva T. V., Ryzheva Yu. I.</i> “Application of flexible project technologies in the context of geopolitical crisis: industry and regional aspects”	202

Zavodchikova T. B. “Non-financial reporting as a communicative tool for corporate social responsibility” 213

Kalmykova O. Yu., Solovova N. V., Trubitsyn K. V., Tuponosova E. P. “Improving methods for forming a personnel reserve for customs authorities” 223

УДК 332.142.6

Моделирование деятельности компании, предоставляющей услуги в области информационной безопасности

А. Р. Богдашкин¹, Е. П. Ростова²

¹Поволжский государственный университет сервиса,
Россия, 445017, г. Тольятти, Гагарина, д. 4.

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

Исследование посвящено описанию актуальных проблем киберугроз для экономических агентов. Разработана модель деятельности компании, предоставляющей услуги по обеспечению информационной безопасности. Изучены различные ситуации, связанные с ликвидацией последствий киберугроз клиентов и позволяющие осуществить планирование деятельности с учетом различных случайных факторов.

Ключевые слова: киберугрозы; информационная безопасность; риски; моделирование; ущербы; случайные величины.

Получение: 19 сентября 2024 г. / Исправление: 19 октября 2024 г. /

Принятие: 18 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

⌘ © ⓘ Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:


Богдашкин А. Р., Ростова Е. П. Моделирование деятельности компании, предоставляющей услуги в области информационной безопасности // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 9–21. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-9-21>.

Сведения об авторах:

Александр Романович Богдашкин  <http://orcid.org/0009-0000-0748-2426>

аспирант высшей школы интеллектуальных систем и кибертехнологий;

e-mail: bogdash999@gmail.com

Елена Павловна Ростова  <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

доктор экономических наук, доцент; заведующий кафедрой математики и бизнес-информатики;

e-mail: rostova.ep@ssau.ru

Введение

В условиях современного мира, где технологии развиваются с невероятной скоростью, а бизнес-процессы всё больше переходят в цифровую сферу, обеспечение информационной безопасности становится ключевым аспектом, гарантирующим стабильность и надёжность функционирования организаций. В условиях, когда киберугрозы [1], такие как фишинг, DDoS-атаки и вредоносное ПО, представляют серьёзную опасность для конфиденциальности данных, финансовой стабильности и репутации компаний, исследование деятельности компаний, предоставляющих услуги в области информационной безопасности, приобретает особую актуальность.

Рост числа киберинцидентов [2, 3] свидетельствует о том, что информационная инфраструктура многих организаций всё ещё не обладает достаточным уровнем защиты. Убытки от кибератак могут быть весьма значительными, что вынуждает компании уделять повышенное внимание вопросам информационной безопасности и предпринимать эффективные меры для защиты своих данных. По данным аналитического отчета компании «Ростелеком-Солар» [4], в октябре-декабре 2023 года было выявлено 473 тыс. событий информационной безопасности (ИБ) – подозрений на инцидент после обработки первой линией мониторинга и фильтрации ложных срабатываний. Это на 20% больше, чем в предыдущем квартале 2023 года, и на 68% больше показателя IV квартала 2022 года. Рост событий ИБ в разрезе одной компании в IV квартале, по сравнению с III кварталом составляет 18%, а по отношению к аналогичному периоду 2022 года – 55%. Таким образом, исследование деятельности компаний, предоставляющих услуги в области информационной безопасности, имеет практическую значимость и может способствовать повышению уровня защищённости организаций от киберугроз.

Внедрение комплексных решений в сфере информационной безопасности [5] не только минимизирует риски потери данных и финансовых ресурсов, но и способствует укреплению доверия клиентов и партнёров к компании. Эффективная защита информационных активов обеспечивает стабильность бизнеса и снижает вероятность возникновения кризисных ситуаций, связанных с киберугрозами.

Проблема информационной безопасности особенно остро стоит перед компаниями из таких жизненно важных секторов, как финансовый [6, 7], энергетический [8], здравоохранение [9] и транспорт [10]. Для этих организаций защита данных является неотъемлемой частью их развития и стабильности. Современные исследования помогают лучше понять, как меры информационной безопасности могут стать важнейшим элементом их бизнес-модели.

Среди последних публикаций особое внимание уделяется оценке экономической эффективности этих мер. В исследовании Албины Орландо предлагается использовать модель «Кибер-ценность под угрозой (Cy-VaR)» для оценки рисков и планирования инвестиций в информационную безопасность [11]. Данная модель позволяет компаниям количественно оценить потенциальные потери от кибератак и принимать обоснованные решения о ресурсах, необходимых для предотвращения ущерба.

Следует отметить исследование, опубликованное в журнале *MDPI* [12], в котором анализируются стратегии, направленные на укрепление кибербезопасности. В статье рассматриваются ключевые аспекты создания систем управления инцидентами и внедрения автоматизированных решений, которые помогают организациям лучше противостоять киберугрозам. Авторы исследования акцентируют внимание на том, как автоматизация процессов мониторинга и реагирования на инциденты снижает финансовые риски и минимизирует потери от кибератак. Они также подчёркивают необходимость создания эффек-

тивных систем управления рисками, которые обеспечат долгосрочную устойчивость организаций.

В 2024 году IBM и Ponemon Institute опубликовали отчет [13] о средней стоимости утечек данных. Этот отчет наглядно показывает, что компании, которые заранее готовятся к возможным инцидентам, могут существенно снизить свои финансовые потери. Также из отчета следует, что в 2024 году средний мировой ущерб от утечки данных превысил 4,88 миллионов долларов, что на 10% выше, чем за аналогичный период 2023 и выше, чем когда-либо в истории. Отчет акцентирует внимание на важности управления рисками и разработки стратегий по предотвращению утечек данных для устойчивого развития бизнеса и минимизации экономического ущерба.

Исследования в области управления рисками и защиты данных свидетельствуют о необходимости комплексного подхода к обеспечению безопасности в современных организациях [14, 15]. Этот подход должен сочетать в себе экономические модели [16] и технологические решения, позволяющие оперативно выявлять и предотвращать потенциальные угрозы.

Компании, предоставляющие услуги в сфере информационной безопасности (ИБ), играют ключевую роль в защите данных, систем и процессов своих клиентов. В условиях стремительного развития цифровых технологий и увеличения частоты кибератак [1, 2] эти организации разрабатывают комплексные стратегии и внедряют многоуровневые меры безопасности, направленные на снижение рисков.

Управление рисками в сфере информационной безопасности [17] предполагает поиск баланса между затратами на защиту и вероятностью возникновения инцидентов. При оценке рисков учитываются экономические последствия кибератак и рентабельность инвестиций в защитные меры.

Одним из ключевых аспектов деятельности организаций в области информационной безопасности является внедрение и поддержание решений, направленных на защиту от потенциальных угроз, как внешних, так и внутренних. Основные направления угроз представлены на рис. 1.

Внешние угрозы включают в себя попытки несанкционированного доступа, фишинговые атаки и *DDoS* – атаки, цель которых – нарушить функционирование систем. Внутренние угрозы обычно связаны с утечками данных и непреднамеренными действиями сотрудников, которые могут поставить информацию под угрозу.

С целью защиты от внешних атак организации внедряют и настраивают системы предотвращения вторжений (*IPS*), межсетевые экраны (фаерволы) и системы обнаружения угроз, такие как решения на основе анализа поведения пользователей (*UBA*). Эти системы позволяют отслеживать активность в сети, выявлять подозрительные действия и предотвращать инциденты до того, как они приведут к ущербу.

Внутренние угрозы, такие как несанкционированные утечки информации и непреднамеренные ошибки сотрудников, требуют применения особых методов. Одним из таких методов является ограничение доступа к конфиденциальным данным, а также проведение обучающих мероприятий для персонала.

Многие компании, работающие в сфере информационной безопасности, для эффективного противодействия киберугрозам предлагают услуги по мониторингу и оперативному реагированию в режиме реального времени. Этот процесс включает в себя непрерывный анализ сетевой активности с целью выявления аномалий и подозрительных событий.

В случае обнаружения аномалий специалисты оперативно идентифицируют и классифицируют инцидент, оценивают его последствия и разрабатывают меры по нейтрализации

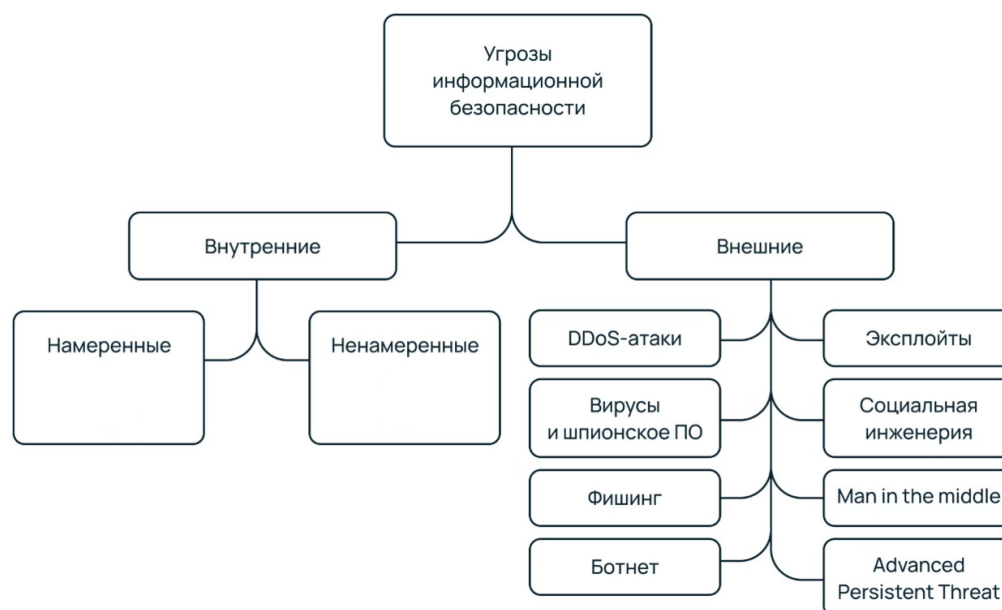


Рис. 1: Угрозы информационной безопасности.

Fig. 1: Threats to information security.

угрозы. В настоящее время всё чаще применяются автоматизированные системы и инструменты на основе машинного обучения, которые не только обнаруживают аномалии, но и способны прогнозировать потенциальные риски, основываясь на анализе больших данных. Это позволяет компаниям существенно сократить время реагирования и повысить свою готовность к оперативному реагированию на кибератаки. После успешного завершения кибератаки или полного устранения инцидента компании, специализирующиеся на информационной безопасности, оказывают своим клиентам всестороннюю поддержку в восстановлении нормальной работы и минимизации последствий произошедшего.

Этот процесс включает в себя комплекс мероприятий, направленных на восстановление утраченных данных, анализ причин инцидента и разработку мер по предотвращению подобных угроз в будущем. Организации также помогают клиентам сформировать план обеспечения непрерывности бизнеса (*BCP*) и план аварийного восстановления (*DRP*), что позволяет минимизировать время простоя и потери. Восстановительные меры могут включать в себя установку более строгих систем контроля, обучение персонала и внедрение дополнительных средств защиты, если они не были предусмотрены ранее.

Деятельность компаний в области ИБ охватывает несколько ключевых направлений:

1. Оценка и управление рисками.
2. Защита от внутренних и внешних угроз.
3. Мониторинг и оперативное реагирование на инциденты.
4. Восстановление после атак.

Следует отметить, что работа в сфере информационной безопасности сопряжена с определёнными рисками и непредвиденными расходами. Организации сталкиваются с необходимостью значительных инвестиций в обновление инфраструктуры, обучение персонала и внедрение передовых технологий. Это обусловлено непрерывным развитием методов кибератак, которые становятся всё более изощрёнными и угрожающими. В случае масштабного инцидента могут потребоваться дополнительные ресурсы для оперативного восстановления и привлечения внешних специалистов для устранения последствий. Фи-

нансовые риски включают также затраты на судебные разбирательства в случае нарушения конфиденциальности данных или неисполнения обязательств перед клиентами.

Компании, обеспечивающие информационную безопасность, должны оперативно реагировать на изменения в технологиях и законодательстве. Это требует дополнительных вложений и гибкости, что, в свою очередь, создаёт дополнительные риски. Таким образом, деятельность организаций в области информационной безопасности представляет собой не просто комплекс технических мер по защите данных, но и комплексный подход к управлению рисками и обеспечению безопасности. Такой подход позволяет значительно снизить вероятность возникновения инцидентов и минимизировать последствия возможных кибератак.

Компании, занимающиеся информационной безопасностью, стремятся к установлению долгосрочных отношений с клиентами, что приводит к стабильному доходу и расширению клиентской базы. С точки зрения экономики, установление долгосрочных отношений является выгодным решением, поскольку оно позволяет сократить издержки, связанные с привлечением новых клиентов. Постоянные клиенты, получающие комплексные услуги, с большей вероятностью останутся с компанией на длительный срок. Клиентам предлагают широкий спектр услуг, включая полный комплекс услуг «под ключ», а также возможность выбора отдельных сервисов, таких как регулярные проверки безопасности или обучение сотрудников. Это позволяет компаниям гибко адаптироваться к различным сегментам рынка и удовлетворять потребности своих клиентов.

Экономическая модель компании также включает в себя выбор подходящей бизнес-модели и методов монетизации. Наиболее распространёнными бизнес-моделями являются подписная, проектная и смешанная модели. Характеристики таких моделей представлены в таблице 1.

Таблица 1: Характеристика бизнес-моделей.
Table 1. Characteristics of business models.

Название модели	Характеристика
Подписная модель	Обеспечение регулярного потока доходов. Хорошо подходит для услуг мониторинга и реагирования. Позволяет компании строить долгосрочные финансовые стратегии и поддерживать стабильный денежный поток.
Проектная модель	Инструмент, используемый для выполнения разовых задач, таких как аудит или развёртывание инфраструктуры безопасности. Позволяет зафиксировать прибыль от проекта и снизить риски, связанные с долгосрочными обязательствами.
Смешанная модель	Комбинирование фиксированных платежей за основные услуги с возможностью дополнительной оплаты по мере необходимости. Обеспечивает компании гибкость в ценообразовании и позволяет расширять спектр услуг в соответствии с потребностями клиентов.

1. Описание системы и ее моделирование.

Рассмотрим деятельность компании, оказывающей услуги по обеспечению информационной безопасности. Доходы компании R складываются из поступлений в рамках долгосрочных договоров и запланированных проектов RD и разовых договоров, возникающих,

как правило, в случае возникновения непредвиденных ситуаций RS . Расходы компании C состоят из постоянных издержек CF , расходов в рамках запланированных работ по долгосрочным контрактам или проектам CD , а также расходов, возникающих под влиянием внешних факторов – случайных расходов CS . Тогда прибыль компании запишем следующим образом:

$$P = R - C. \quad (1)$$

$$R = RD + RS. \quad (2)$$

$$C = CF + CD + CS. \quad (3)$$

Доходы компании по плановым договорам и проектам RD есть сумма поступлений по каждому договору и проекту

$$RD = \sum RD_i. \quad (4)$$

Случайные поступления от незапланированных договоров обусловлены возникновением у клиента непредвиденной ситуации. Причина подобной непредвиденной ситуации может быть различна: технический сбой без возникающих внешних угроз (внутренний риск) и внешние угрозы (внешний риск).

Выделение двух причин обусловлено их различной природой, вероятностью возникновения и размерами ущербов. Технический сбой, обозначающий реализацию внутреннего риска, возникающего с вероятностью p_j , приносит рассматриваемой компании доход в размере RS_j .

Внешняя угроза информационной безопасности клиента возникает с вероятностью p_l и приносит рассматриваемой компании доход в размере RK_l . Тогда ожидаемый доход от случайных поступлений запишем следующим образом:

$$M[RS] = \sum p_j M[RS_j] + \sum p_l M[RK_l]. \quad (5)$$

Доход RS_j и RK_l будем считать случайными величинами, поскольку они зависят от масштабов угрозы информационной безопасности клиента, от размера бизнеса, а также от ряда факторов.

Таким образом, запишем (2) с учетом (4) и (5)

$$M[R] = \sum RD_i + \sum p_j M[RS_j] + \sum p_l M[RK_l]. \quad (6)$$

Расходы компании по заключенным договорам и планируемым проектам CD складываются из сумм расходов по отдельному договору и проекту

$$D = \sum D_i. \quad (7)$$

Расходы компании CS , обусловленные случайными событиями, возникающими у клиентов с вероятностью p_j , для j -го события составляют CS_j . Данная сумма является случайной величиной, поскольку зависит от ряда факторов, перечисленных при описании случайных доходов RS_j .

Аналогично для внешних угроз, возникающих у клиентов с вероятностью p_l и сопровождающихся для компании расходами CK_l . Помимо указанных расходов CS_j , связанных с потребностями клиентов, компания может иметь случайные расходы, связанные с воз-

никающими внешними угрозами и необходимостью быть готовой обеспечить защиту от данных угроз будущим клиентам.

Компания инвестирует в новые технологии и исследования, отвечая на возникающие киберугрозы. Такие затраты не связаны непосредственно с текущими потребностями клиентов и не приносят моментальной отдачи в виде доходов по заключенным контрактам.

Однако, учесть подобные затраты в структуре расходов компании необходимо. Обозначим описанные затраты на новые технологии CT_k , возникающие с вероятностью p_k , k – тип угрозы.

Тогда ожидаемый размер CS запишем в следующем виде:

$$M[CS] = \sum p_j M[CS_j] + \sum p_l M[CK_l] + \sum p_k M[CT_k]. \quad (8)$$

Запишем случайные расходы (3) с учетом расходов по запланированным работам (7) и случайных затрат (8)

$$M[CS] = \sum D_i + \sum p_j M[CS_j] + \sum p_l M[CK_l] + \sum p_k M[CT_k]. \quad (9)$$

Ожидаемая прибыль рассматриваемой компании (1) запишем как математическое ожидание прибыли

$$M[P] = M[R - C] = M[R] - M[C]. \quad (10)$$

С учетом соотношений (6) и (9) перепишем формулу (10) в следующем виде

$$\begin{aligned} M[P] = & \sum RD_i + \sum p_j M[RS_j] + \sum p_l M[RK_l] - \\ & - \sum D_i - \sum p_j M[CS_j] - \sum p_l M[CK_l] - \sum p_k M[CT_k]. \end{aligned} \quad (11)$$

Однако, не каждая компания, обеспечивающая информационную безопасность, владеет достаточной статистической информацией о деятельности различных фирм, которые могут стать потенциальными клиентами, что делает невозможным расчет вероятности внутренних и внешних угроз.

Однако, рассматриваемая компания имеет статистическую информацию о своей деятельности – количестве экстренных обращений от незапланированных клиентов, доходах по данным обращениям.

В этой связи следует модифицировать модель (11) и рассматривать ожидаемый доход от незапланированных клиентов в целом для компании, а не по каждому клиенту отдельно.

Аналогично с затратами по подобным экстренным ситуациям – целесообразно рассматривать затраты в целом, а не по каждому случаю отдельно.

$$M[P] = \sum RD_i + M[RS] + M[RK] - \sum D_i - M[CS] - M[CK] - \sum p_k M[CT_k]. \quad (12)$$

Произведем моделирование деятельности компании при следующих допущениях:

1. Доход от устранения экстренных реализаций внутреннего риска клиента RS и расходы по проведению данных работ CS распределены по логнормальному закону распределения: $RS \sim \log_N(\mu_{RS}, \sigma_S)$, $S \sim \log_N(\mu_{CS}, \sigma_S)$, $\mu_{CS} < \mu_{RS}$.
2. Доход от устранения экстренных реализаций внешнего риска клиента RK и расходы

по проведению данных работ СК распределены по нормальному закону распределения: $RK \sim N(\mu_{RK}, \sigma_K)$, $CK \sim N(\mu_{CK}, \sigma_K)$, $\mu_{CK} < \mu_{RK}$.

3. Величина возможных расходов компании СТ_к, на новые технологии и исследования, связанные с возникающими новыми угрозами k-го типа, а также число этих угроз nk распределены по логнормальному закону распределения: $nk \sim \log_N(\mu_k, \sigma_k)$, $CT_k \sim \log_N(\mu_{CT_k}, \sigma_{T_k})$.

Определим значения слагаемых (12) с учетом введенных допущений:

$$M[RS] = \int_0^{\widehat{RS}} \frac{1}{\sigma_S \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln x - \mu_{RS})^2}{2\sigma_S^2}} dx, \quad M[CS] = \int_0^{\widehat{CS}} \frac{1}{\sigma_S \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln x - \mu_{CS})^2}{2\sigma_S^2}} dx,$$

$$M[RK] = \int_0^{\widehat{RK}} \frac{1}{\sigma_K \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \mu_{RK})^2}{2\sigma_K^2}} dx, \quad M[CK] = \int_0^{\widehat{CK}} \frac{1}{\sigma_K \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \mu_{CK})^2}{2\sigma_K^2}} dx,$$

$$p_k = \int_0^{\widehat{nk}} \frac{1}{x \sigma_{CT_k} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu_k)^2}{2\sigma_k^2}} dx, \quad M[CT_k] = \int_0^{\widehat{CT_k}} \frac{1}{\sigma_{CT_k} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x - \mu_{CT_k})^2}{2\sigma_{CT_k}^2}} dx,$$

где – максимально возможное значение соответствующей переменной.

В таблице 2 представлено моделирование деятельности компании для значений параметров модели. Моделирование осуществлялось относительно значения среднего ущерба от инцидента.

Таблица 2: Рисковое событие и параметры.

Table 1. Risk event and parameters.

Рисковое событие	Параметр	Значение
Случайный технический сбой	μ_{RS}	m
	μ_{RS}	0,1m
	σ_{RS}	0,5m
Внешняя угроза	μ_{RK}	2m
	μ_{CK}	m
	σ_K	0,6m
Появление новых угроз	μ_{STK}	0,75m
	σ_{STK}	0,3m

Начальные значения и большие значениях среднего ущерба соответствует затратам, превышающим доходы – компания несет убытки. Компания получает прибыль только при значениях среднего ущерба, находящихся в зоне малых значений (Рис.2).

Однако, компания помимо случайных затрат и доходов имеет запланированные денежные потоки, соответствующие подписной бизнес-модели. Произведем моделирование с учетом плановых затрат и поступлений, которые могут составлять определенную долю от среднего ущерба от случайных инцидентов.

Рассмотрим ситуации, представленные на рис. 3, когда плановые доходы превышают расходы в k раз.

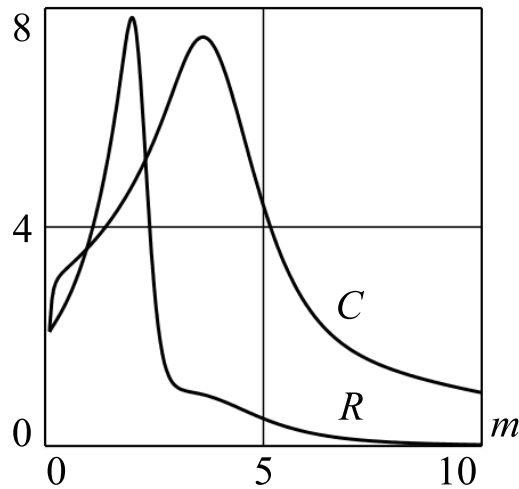


Рис. 2: Моделирование доходов и расходов при параметрах Таблицы 2.
 Fig. 2: Modeling income and expenses with the parameters of Table 2.

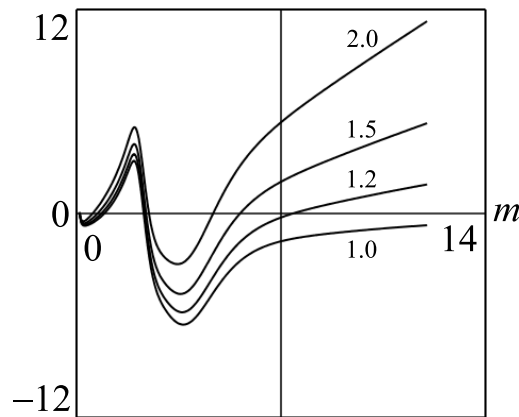


Рис. 3: Моделирование прибыли при различных значениях параметра k .
 Fig. 3: Modeling profit for different values of parameter k .

Результат моделирования показал, при каких значениях среднего ущерба от инцидента и при каких значениях повышающего коэффициента для планируемых доходов, компания будет иметь убыток или прибыль.

Компании, предоставляющие услуги в сфере информационной безопасности, стремятся разработать комплексные решения для защиты информационных активов своих клиентов. Это позволяет им не только снизить риски, но и обеспечить стабильный доход, а также повысить свою конкурентоспособность на рынке. Экономическая модель таких компаний основана на оптимизации структуры, эффективном распределении ресурсов и построении долгосрочных отношений с клиентами.

Компании, предоставляющие услуги в области информационной безопасности, сталкиваются с рисками и непредвиденными затратами, вызванными необходимостью оперативного реагирования на новые угрозы. Кибератаки, требующие немедленных инвестиций в исследования и обновление технологий, могут существенно увеличить операционные расходы. Однако компании применяют стратегию диверсификации услуг и модернизации процессов реагирования, что позволяет минимизировать негативное влияние инцидентов

на рентабельность.

Заключение

1. В статье были рассмотрены ключевые аспекты деятельности компаний, специализирующихся на информационной безопасности. Проведен анализ их бизнес-моделей. Особое внимание уделяется комбинированию стратегий долгосрочного партнёрства, которое позволяет обеспечить стабильный доход и спрогнозировать издержки фирмы, и стратегий проектной деятельности, возникающей в случае необходимости экстренного реагирования по запросу клиентов.
2. Разработанная экономико-математическая модель компании, функционирующей в области информационной безопасности, базируется на диверсификации источников дохода и стратегическом взаимодействии с клиентами. Эти меры обеспечивают устойчивый рост и конкурентоспособность в условиях возрастающего спроса на защиту данных.
3. Соотношение доходов и расходов от разных бизнес-моделей и их комбинация позволили исследовать изменение доходов, расходов и прибыли при различных входных параметрах. Разработанная модель позволяет осуществлять планирование деятельности компании, предоставляющей услуги по обеспечению информационной безопасности, с учетом различных видов доходов и расходов, обусловленных разными бизнес-моделями.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Обзор рисков для российских компаний в 2022 году: виды атак и экономические потери // Positive Technologies Security. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/analytics/research/attacks-statistics> (дата обращения: 08.10.2024).
2. Разведение угроз: с какими кибератаками столкнулись российские компании в 2023 году // Forbes Russia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/506712-razvedenie-ugroz-s-kakimi-kiberatakami-stolknulis-rossijskie-kompanii-v-2023-godu> (дата обращения: 15.10.2024).
3. Антонян Е.А., Клещина Е.Н. Киберпреступность на современном этапе: тенденции и направления противодействия // Вестник экономической безопасности. – 2022. – № 5. – С. 11–15. EDN: SXPUMZ.
4. Кибератаки на российские компании в 2023 году // RT-Solar. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rt-solar.ru/analytics/reports/4094/> (дата обращения: 18.10.2024).
5. Нестеровский О.И., Пашковская Е.С., Бутрик Е.Е. Методический подход к организации проведения контроля защищенности информации на объектах критической информационной инфраструктуры // Вестник Воронежского института МВД России. – 2021. – № 2. – С. 126–133. EDN: BLUVGP.
6. Курманова Д.А., Султангареев Д.Р., Хабибуллина Л.Р. Модели управления рисками финансовых технологий // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2020. – № 2 (32). – С. 82–91. EDN: ZPVSWF.
7. Миргородская М.Г., Котова И.Б., Аничкина О.А., Целуйко Г.А. Проблемы кибербезопасности в финансовом секторе цифровой экономики // Экономические науки. – 2024. – № 234. – С. 279–285. EDN: ANXKVN.

8. Шестакова А.А., Ефимов Д.Н. Кибербезопасность объектов энергетики и ее индикаторы // В сборнике: Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2023. – С. 113–117. EDN: BNVUEV.
9. Гаджиев Г.К. Кибербезопасность в области здравоохранения: вызовы и перспективы // Научный Альманах ассоциации France–Kazakhstan. – 2024. – № 3. – С. 164–168. EDN: CRZJSA.
10. Куценко С.М., Губанова А.Д. Обеспечение кибербезопасности в секторе логистики транспортных систем // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 3 (164). – С. 1343–1345. EDN: JRLZMT.
11. Orlando A. Cyber Risk Quantification: Investigating the Role of Cyber Value at Risk // Risks. – 2021. – Vol. 9 (10). – pp. 184. DOI: 10.3390/risks9100184
12. Peter R. J. Trim, Yang-Im Lee. Managing Cybersecurity Threats and Increasing Organizational Resilience// Big Data Cogn. Comput. – 2023. – Vol. 7 (4). – pp. 177. DOI: 10.3390/bdcc7040177.
13. IBM, Ponemon Institute. Отчёт о средней стоимости утечек данных. – 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ibm.com/security/data-breach> (дата обращения: 12.10.2024).
14. Леднева О.В., Сидорова О.Е. Анализ информационной безопасности и современные подходы к управлению информационными рисками // В сборнике: Цифровая экономика и информационные технологии. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Южно-Уральский государственный университет, кафедра цифровой экономики и информационных технологий. – 2022. – С. 32–37. EDN: ZCUUPF.
15. Эскерханова Л.Т., Натальсон А.В., Маташева Х.П. Экономическая устойчивость в цифровую эпоху: роль информационных технологий // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 4. – № 9 (139). – С. 5–12. EDN: OVUNAH.
16. Сидельников А.П., Калач А.В., Сидельников П.А. Модель оценки уязвимости элементов структуры управления информационными ресурсами технических систем // Технологии техносферной безопасности. – 2023. – № 4 (102). – С. 157–168. EDN: QNENZP.
17. Глушченко И.С., Баранова Е.М., Баранов А.Н., Борзенкова С.Ю. Современные информационные системы анализа и управления рисками в сфере информационной безопасности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 2. – С. 311–316. EDN: ATMCEK.

Modeling the activities of a company providing information security services

A. R. Bogdashkin¹, E. P. Rostova²

¹ Volga Region State University of Service, 4, Gagarin st., Tolyatti, Russia.

² Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The study is devoted to the description of current problems of cyber threats for economic agents. A model of the activity of a company providing information security services has been developed. Various situations related to the elimination of the consequences of cyber threats to clients and allowing for the planning of activities taking into account various random factors have been studied.

Keywords: cyber threats; information security; risks; modeling; damages; random variables.

Received: Thursday 19th September, 2024 / Revised: Saturday 19th October, 2024 / Accepted: Monday 18th November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Risk Review for Russian Companies in 2022: Types of Attacks and Economic Losses // Positive Technologies Security. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/analytics/research/attacks-statistics> (accessed: 08.10.2024) (In Russ.)
2. Breeding threats: what cyberattacks did Russian companies face in 2023 // Forbes Russia. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/506712-razvedenie-ugroz-s-kakimi-kiberatakami-stolknulis-rossijskie-kompanii-v-2023-godu> (accessed: 15.10.2024). (In Russ.)

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024

© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Bogdashkin A. R., Rostova E. P. Modeling the activities of a company providing information security services, *Vestnik Samarского Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 9–21. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-9-21> (In Russian).

Authors' Details:

Alexander R. Bogdashkin  <http://orcid.org/0009-0000-0748-2426>

Postgraduate Student of the Higher School of Intelligent Systems and Cybertechnologies;
e-mail: bogdash999@gmail.com

Elena P. Rostova  <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

Dostor of Economics, associate professor; head the Department of Mathematics and Business Informatics;
e-mail: rostova.ep@ssau.ru

3. Antonyan E.A., Kleshchina E.N. Cybercrime at the present stage: trends and directions of counteraction // Bulletin of Economic Security. – 2022. – No. 5. – pp. 11–15. EDN: SXPUMZ. (In Russ.)
4. Cyberattacks on Russian companies in 2023 // RT-Solar. [Electronic resource]. Access mode: <https://rt-solar.ru/analytics/reports/4094/> (accessed: 18.10.2024). (In Russ.)
5. Nesterovsky O.I., Pashkovskaya E.S., Butrik E.E. Methodological approach to organizing the control of information security at critical information infrastructure facilities // Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. – 2021. – No. 2. – pp. 126–133. EDN: BLUVGP. (In Russ.)
6. Kurmanova D.A., Sultangareev D.R., Khabibullina L.R. Models of financial technology risk management // Bulletin of USPTU. Science, education, economics. Series: Economics. – 2020. – No. 2 (32). – pp. 82–91. EDN: ZPVSFV. (In Russ.)
7. Mirgorodskaya M.G., Kotova I.B., Anichkina O.A., Tseluiko G.A. Cybersecurity issues in the financial sector of the digital economy // Economic sciences. – 2024. – No. 234. – pp. 279–285. EDN: ANXKVN. (In Russ.)
8. Shestakova A.A., Efimov D.N. Cybersecurity of energy facilities and its indicators // In the collection: Improving the efficiency of production and use of energy in Siberia. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. – 2023. – pp. 113–117. EDN: BNVUEV. (In Russ.)
9. Gadzhiev G.K. Cybersecurity in the field of healthcare: challenges and prospects // Scientific Almanac of the France–Kazakhstan Association. – 2024. – No. 3. – pp. 164–168. EDN: CRZJSA. (In Russ.)
10. Kutsenko S.M., Gubanova A.D. Ensuring cybersecurity in the logistics sector of transport systems // Economy and entrepreneurship. – 2024. – No. 3 (164). – pp. 1343–1345. EDN: JRLZMT. (In Russ.)
11. Orlando A. Cyber Risk Quantification: Investigating the Role of Cyber Value at Risk // Risks. – 2021. – Vol. 9 (10). – pp. 184. DOI: 10.3390/risks9100184
12. Peter R. J. Trim, Yang-Im Lee. Managing Cybersecurity Threats and Increasing Organizational Resilience// Big Data Cogn. Comput. – 2023. – Vol. 7 (4). – pp. 177. DOI: 10.3390/bdcc7040177.
13. IBM, Ponemon Institute. Average Cost of Data Breach Report. – 2021. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ibm.com/security/data-breach> (accessed: 12.10.2024). (In Russ.)
14. Ledneva O.V., Sidorova O.E. Analysis of information security and modern approaches to information risk management // In the collection: Digital Economy and Information Technology. Proceedings of the I All-Russian Scientific and Practical Conference. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation South Ural State University, Department of Digital Economy and Information Technology. – 2022. – pp. 32–37. EDN: ZCUUPF. (In Russ.)
15. Eskerkhanova L.T., Natalson A.V., Matasheva H.P. Economic sustainability in the digital age: the role of information technology // Economy and management: problems, solutions. – 2023. – Vol. 4. – No. 9 (139). – pp. 5–12. EDN: OVUNAH. (In Russ.)
16. Sidelnikov A.P., Kalach A.V., Sidelnikov P.A. Model for assessing the vulnerability of elements of the information resources management structure of technical systems // Technologies of technosphere safety. – 2023. – No. 4 (102). – pp. 157–168. EDN: QNENZP. (In Russ.)
17. Glushchenko I.S., Baranova E.M., Baranov A.N., Borzenkova S.Yu. Modern information systems for risk analysis and management in the field of information security // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. – 2021. – No. 2. – pp. 311–316. EDN: ATMCEK. (In Russ.)

УДК 332.142.6

Динамические сбалансированные модели механизма управления поставками с учетом инвестиций в снижение затрат

Д. Н. Веревкин, Д. Ю. Иванов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

В статье предлагается взаимосвязанная совокупность управленческих методов и моделей механизмов управления в системе поставок в крупном промышленном комплексе. Разработано динамическое уравнение для определения величины прибыли для каждого поставщика в каждый момент времени. Сформировано динамическое уравнение изменения материального потока по выпуску комплектующих и определено аналитическое уравнение функции затрат по использованию материалов, оборудования и трудовых ресурсов в каждый момент времени производственного процесса. Получена цифровая компьютерная модель механизма выбора объемов комплектующих каждым поставщиком, решение которой позволило определить траектории изменения величины прибыли в каждый момент времени. Показано, что траектории дохода, затрат, прибыли изменяются адекватно в соответствии с производственной ситуацией. Определены условия эффективности и сбалансированности вложения инвестиций в производственную систему поставок.

Ключевые слова: компьютерная имитационная модель; динамическая модель; инвестиции в систему поставок; траектории изменения потоков; функция затрат; объем выпуска; сбалансированность потоков.

Получение: 24 сентября 2024 г. / Исправление: 24 октября 2024 г. /
Принятие: 23 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Математические статистические и инструментальные методы экономики (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

© Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Веревкин Д. Н., Иванов Д. Ю. Динамические сбалансированные модели механизма управления поставками с учетом инвестиций в снижение затрат // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 22–35. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-22-35>.

Сведения об авторах:

Денис Николаевич Веревкин  <http://orcid.org/0009-0006-0293-4036>

аспирант кафедры менеджмента и организации производства; e-mail: ptc-samara@yandex.ru

Дмитрий Юрьевич Иванов  <http://orcid.org/0000-0003-0619-9340>

доктор экономических наук, профессор; заведующий кафедрой менеджмента и организации производства, директор института экономики и управления; e-mail: ivanov.dyu@ssau.ru

Введение

Эффективное управление поставками существенно влияет на результаты деятельности каждого предприятия и особенно таких крупных предприятий АО «АвтоВАЗ».

Для более эффективного производства промышленному комплексу необходимо совершенствовать механизм управления поставками, одним из способов которого является снижение стоимости поставщиками своей продукции.

Целью системы организации и управления поставками состоит в том, чтобы в процессе производства продукции на основе имитационных моделей, промышленный комплекс получал необходимые по количеству сырье, материалы, комплектующие в нужное время в нужном месте необходимого качества по выгодной цене от надежных поставщиков, отвечающих по своим обязательствам.

Модель функционирования каждого поставщика комплектующих заказчику зависит от производственно-технологических параметров.

Каждый из параметров характеризует уровень потенциальных возможностей и может быть использован в качестве управляющих параметров в задачах сбалансированного взаимодействия между поставщиками комплектующих и сборочным производством.

Все эти параметры участвуют в формировании модели ограничений и изменение которых приводит к изменению объемов выпуска, как товарной продукции, так и комплектующих.

В связи с этим задача сборочного производства по осуществлению сбалансированного взаимодействия состоит в том чтобы одновременно с определением плана объема выпуска комплектующих выбрать такие значения управляющих параметров, изменение которых приводило бы к увеличению уровня сбалансированности в механизме взаимодействия между поставщиком и заказчиком.

Отличительной особенностью представленных аналитических и компьютерных моделей и их реализацией состоит в том, что определяются не только оптимальные объемы комплектующих, но и их динамические характеристики в виде траекторий изменения.

1. Ход исследования

Сформируем цифровую модель выбора объема комплектующих каждым поставщиком в следующем виде [1, 2]

$$\mathfrak{J}_i(y_i(t), t) = p_i y_i(t) - c_i(y_i(t)) \xrightarrow{y_i(t)} \max; \quad (1)$$

$$y_i(t+1) = y_i(t) + \alpha \Delta t_i (x_i(t) - y_i(t)); \quad (2)$$

$$c_i(y_i(t), t) = y_i(t) \left(\sum_j m_{ji} p_{ji}^m + \sum_k r_{ki} p_k^r + \sum_s \tau_{si} p_s^\tau \right) + c_{const}. \quad (3)$$

Здесь ($i = 1..N$), ($t = 1, 2, 3, \dots$), ($0 < y_i(t) < Y_i$), $y_i(0)$;

$\mathfrak{J}_i(y_i(t), t)$ – прибыль, получаемая i -ым поставщиком, в каждый момент времени t ;

Y_i – максимально возможный выпуск i -ым поставщиком; $y_i(t)$ – фактический выпуск комплектующих i -ым поставщиком в момент времени t ;

$c_i(y_i(t))$ – затраты i -го поставщика при выпуске комплектующих в объеме $y_i(t)$ в момент времени t ;

p_i – договорная цена поставки за единицу i -го комплектующего i -ым поставщиком;

α_i – параметр i -го поставщика, характеризующий переходный процесс производства комплектующих i -ым поставщиком;

Δt_{ii} – выбранная дискрета времени динамического процесса;

x_i – плановый объем выпуска комплектующих i -ым поставщиком.

$y_i(0)$ – начальное условие для дифференциального уравнения.

λ_i – применяемость комплектующего i -го вида в конечном изделии;

m_{ji} – заданная величина затрат j -го вида материала на комплектующее изделие на i -го вида;

p_{ji}^m – цена j -го вида материала, используемого при производстве i -го вида комплектующего изделия;

r_{ki} – заданная величина затрат времени на использование оборудования k -й группы при производстве i -го вида комплектующего изделия;

p_k^r – цена на использование оборудования k -ой группы;

τ_{si} – норматив времени трудовых ресурсов s -го вида, при производстве i -го вида комплектующего изделия;

p_s^τ – стоимость трудозатрат s -го вида;

c_{const} – постоянные затраты у поставщика.

С учетом введенных обозначений сформирована динамическая модель функции затрат при производстве комплектующих изделий поставщиком (3), уравнение (1) для получения прибыли каждым поставщиком, уравнения (2) определения траектории изменения объема выпускаемых комплектующих каждым поставщиком.

В уравнении (3) величина

$$\left(\sum_j m_{ji} p_{ji}^m + \sum_k r_{ki} p_k^r + \sum_s \tau_{si} p_s^\tau \right),$$

– представляет собой суммарные затраты на единицу i -го комплектующего изделия, величина

$$\sum_j m_{ji} p_{ji}^m,$$

– представляет собой затраты на используемые материалы, величина

$$\sum_k r_{ki} p_k^r,$$

– представляет собой затраты на использование различных типов оборудования, величина

$$\sum_s \tau_{si} p_s^\tau,$$

– представляет собой стоимость трудозатрат всех видов при производстве i -го комплектующего изделия.

Произведение объема выпускаемых изделия, на величину суммарных затрат расходующих на единицу i -го комплектующего изделия

$$y_i(t) \left(\sum_j m_{ji} p_{ji}^m + \sum_k r_{ki} p_k^r + \sum_s \tau_{si} p_s^\tau \right)$$

– характеризует величину переменных затрат в каждый момент времени в процессе производства комплектующих изделий.

Их сумма с постоянными затратами c_{const} представляет величину общих затрат в производственной системе.

При известных значениях параметров

$$m_{ji} p_{ji}^m, \quad j \in J,$$

$$r_{ki}, p_k^r, \quad k \in K,$$

$$\tau_{si}, p_s^r, \quad s \in S.$$

функция затрат представляет собой траекторию их изменения.

Для исследования влияния изменения параметров функции затрат рассмотрим пример i -го комплектующего изделия при производстве которого используются один вид материалов, оборудования и трудовых ресурсов. Цифровая модель формирования затрат представлена на рис. 1.

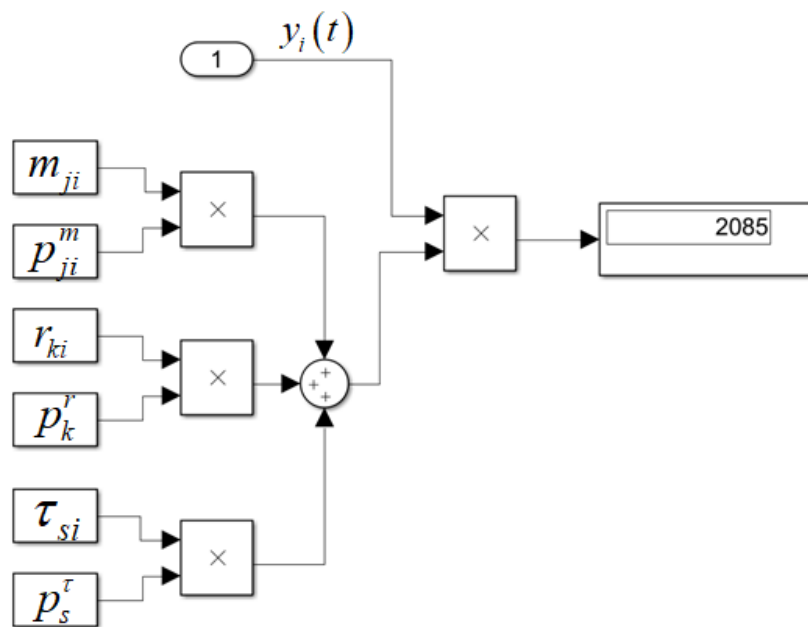


Рис. 1: Цифровая модель формирования затрат.

Fig. 1: Digital cost formation model.

Сформированная аналитическая цифровая модель механизма выбора объемов комплектующих каждым поставщиком (1)–(3) описывает траектории объемов выпуска комплектующих изделий $y_i(t)$ и траектории изменения величины прибыли $\mathfrak{J}_i(y_i(t), t)$ в каждый момент времени.

Для реализации сформированной аналитической цифровой модели механизма выбора оптимальных объемов комплектующих каждым поставщиком предложен цифровой алгоритм решения модели (1)–(3) представленный на рис. 2.

В алгоритме использованы следующие исходные данные:

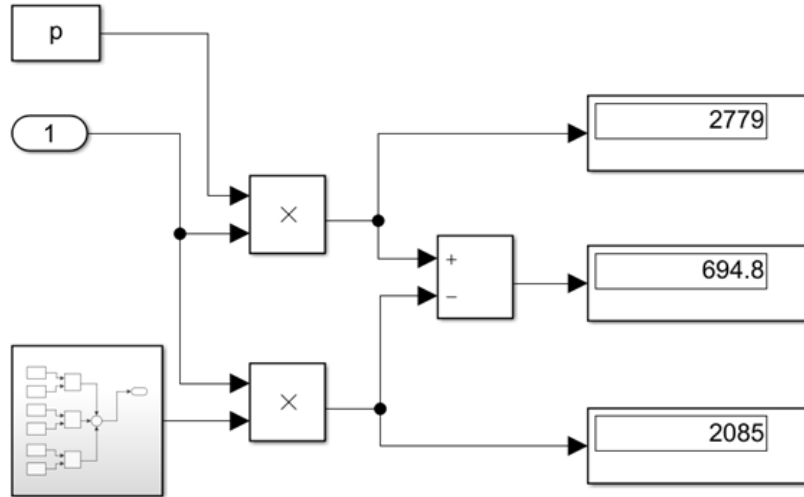


Рис. 2: Цифровой алгоритм решения аналитической цифровой модели механизма выбора объемов комплектующих каждым поставщиком.

Fig. 2: Digital algorithm for solving the analytical digital model of the mechanism for selecting the volumes of components by each supplier.

- начальное условие интегрирования $y_i(0) = 0$;
- заданный объем поставок комплектующих изделий $y_i^0(t) = 700$ шт.;
- параметр, характеризующий переходный процесс производства комплектующих i -ым поставщиком $\alpha_i = 0.2$;
- величина дискретности времени динамического процесса $\Delta t_i = 1$;
- заданная величина затрат j -го вида материала на комплектующее изделие на i -го вида $m_{ji} = 1$;
- цена j -го вида материала, используемого при производстве i -го вида комплектующего изделия $p_{ji}^m = 1$;
- заданная величина затрат времени на использование оборудования k -й группы при производстве i -го вида комплектующего изделия $r_{ki} = 1$;
- цена на использование оборудования k -ой группы $p_k^r = 1$; норматив времени трудовых ресурсов s -го вида, при производстве i -го вида комплектующего изделия $\tau_{si} = 1$;
- стоимость трудозатрат s -го вида $p_s^r = 1$; цена комплектующего изделия $p_i = 4$.

На рис. 3 представлены траектории изменения выходных параметров цифровой имитационной модели:

- $p_i y_i(t)$ – доход от реализации комплектующих изделий;
- $c_i(y_i(t))$ – затраты поставщика при выпуске комплектующих в объеме $y_i(t)$;
- $\mathfrak{J}_i(y_i(t), t)$ – прибыль при выпуске комплектующих в объеме $y_i(t)$.

Представленные расчеты рис. 3 показали, что траектории и дохода, затрат и прибыли монотонно увеличиваются и приближаются к установившемуся значению.

Это объясняется тем, что траектория изменения прибыли увеличивается и достигает установившегося значения при равенстве фактического объема выпуска комплектующих изделия $y_i(t)$ плановому значению x_i , задаваемого заказчиком.

Отличительной особенностью представленных аналитических задач и цифровых алгоритмов их реализации заключаются в том, что определяются оптимальные траектории

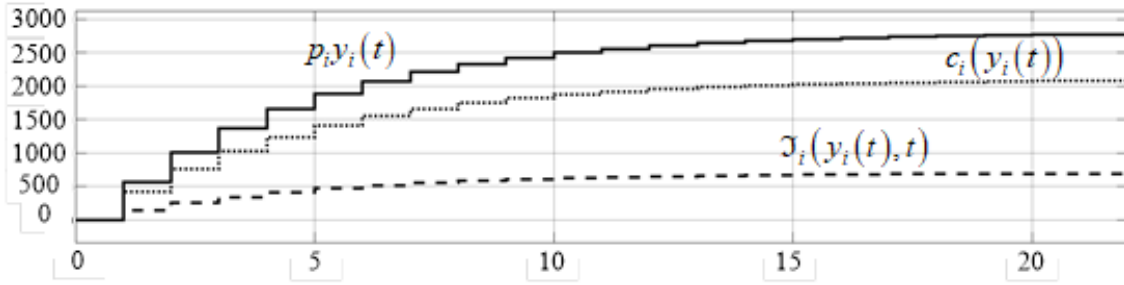


Рис. 3: Траектории изменения выходных параметров цифровой имитационной модели.

Fig. 3: Trajectories of change in output parameters of a digital simulation model.

объемов комплектующих, затрат, прибыли а не отдельные оптимальные точки на этих траекториях, как это осуществляется при использовании статических моделях и механизмах [3–9], статических производственных функциях.

Поскольку функция затрат представляет линейную модель, то цифровая модель выбора объема комплектующих каждым поставщиком (2) является линейной моделью.

Если плановое задание со стороны заказчика x_i больше максимально возможного выпуска комплектующих изделий поставщиком x_i , ($x_i > Y_i$), то поставщик выбирает в качестве оптимального объема выпуска продукции граничное значению допустимой области ($y_i^0 = Y_i$). Если же $x_i \leq Y_i$, то $y_i^0 = x_i$.

Таким образом, алгоритм выбора оптимальных объемов выпуска комплектующих при линейной цифровой модели (2) имеет вид

$$y_i^0 = \begin{cases} Y_i, & x_i > Y_i, \\ x_i, & x_i \leq Y_i, \end{cases} \quad (4)$$

Из полученного уравнения (4) следует, что плановое задание заказчика по выпуску комплектующих изделий x_i не выполняется, если оно больше максимально возможного выпуска изделий поставщиком x_i . В этой связи возникает проблема вложения инвестиций в повышение объема выпуска комплектующих поставщиком.

2. Модель механизма управления поставками с учетом инвестиций в снижение затрат

Для исследования влияния инвестиций на параметры цифровой модели объема выпуска комплектующих изделий поставщиком введем следующие обозначения [9–11]

ψ_i – инвестиции в повышение объема выпуска комплектующих изделий поставщиком;

$\psi_j, j \in J$ – инвестиции в снижение затрат на материалы j -го вида на выпуск комплектующего изделия i -го вида;

$\psi_k, k \in K$ – инвестиции в снижение затрат времени на использование оборудования k -й группы при производстве i -го вида комплектующего изделия;

$\psi_s, s \in S$ – инвестиции в снижение норматива времени трудовых ресурсов s -го вида, при производстве i -го вида комплектующего изделия.

Математическая модель влияния инвестиций на параметры цифровой модели объема

выпуска комплектующих изделий поставщиком, запишется в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathfrak{J}_i(y_i(t), t) = p_i y_i(\psi_i, t) - c_i(y_i(t), t) \longrightarrow \max, \\ c_i(y_i(t), t) = y_i(\psi_i, t) \left(\sum_j m_{ji}(\psi_j) p_{ji}^m + \sum_k r_{ki}(\psi_k) p_k^r + \sum_s \tau_{si}(\psi_s) p_s^\tau \right) + \psi_i + \\ + \sum_j \psi_j + \sum_k \psi_k + \sum_s \psi_s, \\ y_i(t+1) = y_i(t) + \alpha \Delta t_i (x_i(t) - y_i(t)). \end{array} \right. \quad (5)$$

Здесь

$$m_{ji}(\psi_j) = m_{ji} - \Delta m_{ji}(\psi_j);$$

$$r_{ki}(\psi_k) = r_{ki} - \Delta r_{ki}(\psi_k);$$

$\tau_{si}(\psi_s) = \tau_{si} - \Delta \tau_{si}(\psi_s)$; – нормативы расхода на материалы, использованное оборудование и трудовые ресурсы в зависимости от вложенных в них инвестиций.

Сформируем разность между величиной прибыли получаемой от вложения инвестиционных средств в объемы выпуска $\Delta y_i(\psi_i, t)$, нормативы затрат материальных ресурсов $\Delta m_{ji}(\psi_j)$, нормативы затрат на использование оборудования $\Delta r_{ki}(\psi_k)$ и затрат на трудовые ресурсы $\Delta \tau_{si}(\psi_s)$ и прибылью, получаемую поставщиком до вложения инвестиций $\mathfrak{J}_i(y_i^0, m_{ji}, r_{ki}, \tau_{si}, t)$.

Сформируем уравнение для определения получаемого эффекта от вложенных инвестиций в производственную систему

$$\begin{aligned} & \Delta \mathfrak{J}_i(\Delta y_i(\psi_i, t), \Delta m_{ji}(\psi_j), \Delta r_{ki}(\psi_k), \Delta \tau_{si}(\psi_s)) = \\ & = \mathfrak{J}_i(x_i, m_{ji}(\psi_j), r_{ki}(\psi_k), \tau_{si}(\psi_s), t) - \mathfrak{J}_i(y_i^0, m_{ji}(\psi_j), r_{ki}(\psi_k), \tau_{si}(\psi_s), t) \end{aligned} \quad (6)$$

Определим условие эффективности вложения инвестиций в производственную систему поставщика, как дисконтированный суммарный поток эффекта должен быть больше суммарных инвестиций [12]

$$\Psi \leq \sum_T \frac{\Delta \mathfrak{J}_i}{(1 + \alpha)^T}. \quad (7)$$

Здесь $\Psi = \psi_i + \sum_j \psi_j + \sum_k \psi_k + \sum_s \psi_s$ – суммарные инвестиции в производственную систему по выпуску комплектующих; $\sum_T \frac{\Delta \mathfrak{J}_i}{(1 + \alpha)^T}$ – дисконтированный суммарный

поток эффекта $\Delta \mathfrak{J}_i$ от вложенных инвестиций; α – процентная ставка дисконтирования денежного потока; T – период времени дисконтирования денежного потока эффекта $\Delta \mathfrak{J}_i$.

Рассмотрим числовой пример при следующих исходных данных. Пусть поставщик выпускает одно комплектующие изделие i -го вида при производственном ограничении $Y_i = 700$ шт/сут., плановое задание со стороны заказчика $x_i = 1050$ шт/сут., параметр, характеризующий переходный процесс производства комплектующих i -ым поставщиком $\alpha_i = 0.2$; величина дискретности времени динамического процесса $\Delta t_i = 1$; заданная величина затрат j -го вида материала на комплектующее изделие на i -го вида $m_{ji} = 1$; цена j -го вида материала, используемого при производстве i -го вида комплектующего изделия

$p_{ji}^m = 1$; заданная величина затрат времени на использование оборудования k -й группы при производстве i -го вида комплектующего изделия $r_{ki} = 1$; цена на использование оборудования k -ой группы $p_k^r = 1$; норматив времени трудовых ресурсов s -го вида, при производстве i -го вида комплектующего изделия $\tau_{si} = 1$; стоимость трудозатрат s -го вида $p_s^r = 1$; цена комплектующего изделия $p_i = 4$.

В данной производственной ситуации возникает дефицит впуска комплектующих изделий в количестве 350 штук в сутки. Для устранения дефицита требуются инвестиции $\psi_i = 6000$ д.ед.

На рис. 4 представлены траектории изменения объемов выпуска комплектующих изделий поставщиком до и после вложений инвестиций в производственную систему y_i^0 , построенные с помощью исходных данных, цифровых компьютерные модели (1)–(3) и цифровых алгоритмов (4), (5).

Эти траектории показывают, что если плановое задание больше максимально возможного, поставщик в соответствии с алгоритмом (4) выбирает максимально возможный объем выпуска. При этом необходимо использовать инвестиционные вложения в производственную систему в сумме $\psi_i = 6000$ д.ед.

Вложенные инвестиции позволили увеличить объем выпуска продукции до заданного заказчиком величины равной 1050 шт. сутки.

На рис. 4 приведена траектория с учетом вложенных инвестиций увеличение объемов выпуска комплектующих изделий поставщиком.

Разность между траекториями объемов выпуска до вложения и с учетом вложенных инвестиций обеспечивает повышение эффективности производственной системы $\Delta\mathfrak{J}_i$.

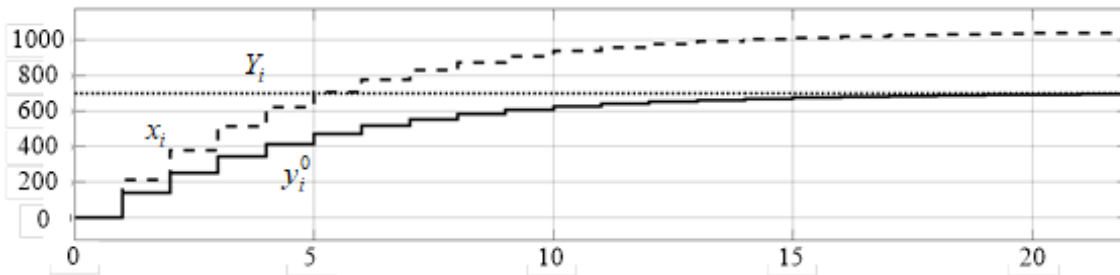


Рис. 4: Траектории изменения объемов выпуска комплектующих изделия до вложения инвестиций в производственную систему y_i^0 и с учетом вложенных инвестиций x_i .

Fig. 4: Trajectories of changes in the volumes of production of components of the product before investing in the production system y_i^0 and taking into account the invested investments x_i .

На рис. 5 представлен цифровой алгоритм реализации дисконтирования потока эффекта $\Delta\mathfrak{J}_i$ от вложенных инвестиций.

В результате дисконтирования потока эффекта $\Delta\mathfrak{J}_i$ от вложенных инвестиций в соответствии с моделью (6), (7) на рис. 6 получена траектория потока эффекта $\Delta\mathfrak{J}_i$ и дисконтированная его величина $\frac{\Delta\mathfrak{J}_i}{(1 + \alpha)^T}$, которая увеличивается до установившегося значения равного 347,4 д.ед.

На рис. 7. Получена траектория суммарного дисконтированного потока эффекта полученного от вложения инвестиций в производственную систему поставщика $\sum_T \frac{\Delta\mathfrak{J}_i}{(1 + \alpha)^T}$.

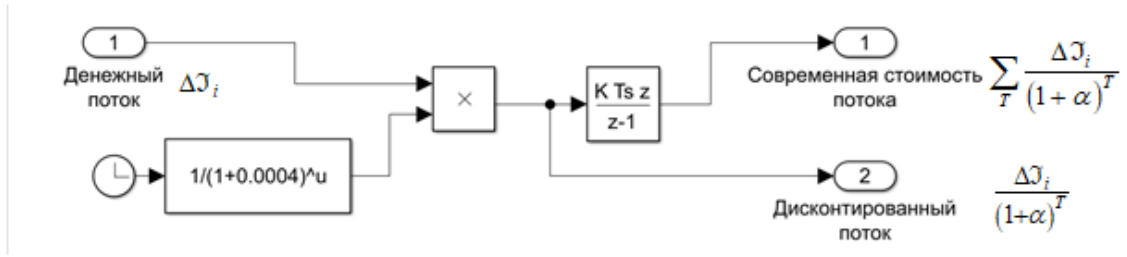


Рис. 5: Цифровой алгоритм реализации дисконтирования потока эффекта $\Delta\mathfrak{J}_i$ от вложенных инвестиций.

Fig. 5: Digital algorithm for implementing discounting of the flow of effect $\Delta\mathfrak{J}_i$ from invested investments.

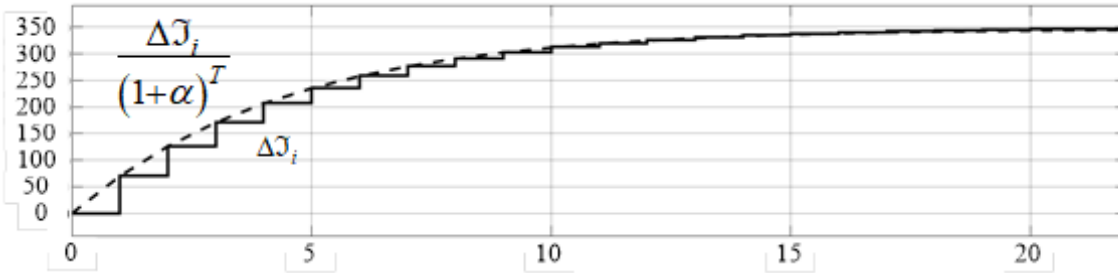


Рис. 6: Траектории потока эффекта $\Delta\mathfrak{J}_i$ и дисконтированная его величина $\frac{\Delta\mathfrak{J}_i}{(1+\alpha)^T}$.

Fig. 6: Trajectories of the flow of the effect $\Delta\mathfrak{J}_i$ and its discounted value $\frac{\Delta\mathfrak{J}_i}{(1+\alpha)^T}$.

Из полученного условия эффективности вложения инвестиций в производственную систему поставщика (7), дисконтированный суммарный поток эффекта больше величины инвестиций в производственную систему поставщика $\Psi = 6000 \leq \sum_T \frac{\Delta\mathfrak{J}_i}{(1+\alpha)^T} = 6278$.

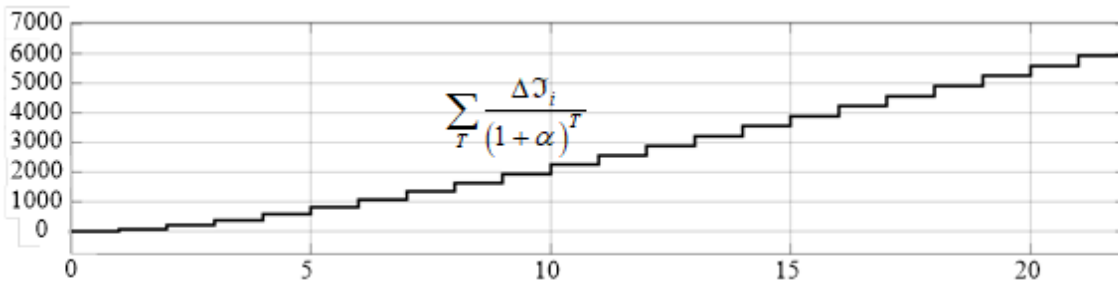


Рис. 7: Траектория суммарного дисконтированного потока эффекта полученного от вложения инвестиций в производственную систему поставщика $\sum_T \frac{\Delta\mathfrak{J}_i}{(1+\alpha)^T}$.

Fig. 7: The trajectory of the total discounted flow of the effect obtained from investing in the supplier's production system $\sum_T \frac{\Delta\mathfrak{J}_i}{(1+\alpha)^T}$.

Это означает, что вложенные инвестиции за период времени $T = 22$ дисконтирования денежного потока эффекта $\Delta\mathfrak{J}_i$ окупаются с одной стороны, а с другой стороны, постав-

щик настроен на реализацию планового задания со стороны заказчика и получает при этом дополнительный эффект.

3. Условия сбалансированности потоков между заказчиком и поставщиком

Как было отмечено выше, при реализации оптимального объема выпуска продукции сравнение значения целевой функции поставщика с реализацией планового задания заказчика помогает выявить отсутствие сбалансированности их стратегий.

В такой ситуации возникает необходимость выбора функции стимулирования поставщика, что бы обеспечить сбалансированность стратегии при реализации планового задания, установленного заказчиком.

Для сбалансированности стратегий между заказчиком и поставщиком необходимо определить величину разности между целевой функцией заказчика при реализации оптимального плана и плана заданного заказчиком.

Уравнение для определения величины разности имеет вид

$$\Delta f_i(x_i, y_i^0, t) = \mathfrak{J}_i^0(y_i^0, t) - \mathfrak{J}_i(x_i, t). \quad (8)$$

Полученная величина разности $\Delta f_i(x_i, y_i^0, t)$ для сбалансированности стратегий между поставщиком и заказчиком должна быть величиной неположительной.

Для решения проблемы сбалансированности стратегий между поставщиком и заказчиком введем в рассмотрение целевую функцию для поставщика

$$\mathfrak{J}_i(x_i, y_i^0, t, \varphi_i) = \mathfrak{J}_i(y_i, t) + \varphi_i(x_i, y_i^0, t). \quad (9)$$

Здесь $\varphi_i(x_i, y_i^0, t)$ – величина стимулирования i -го поставщика заказчиком.

Алгоритм формирования компенсации величины прибыли $\varphi_i(x_i, y_i^0, t)$ представим в следующем виде

$$\varphi_i(x_i, y_i^0, t) = \begin{cases} \varphi_i(x_i), & y_i(t) = x_i(t), \\ 0, & y_i(t) \neq x_i(t). \end{cases} \quad (10)$$

Из уравнения (7) следует, что величина компенсации прибыли получаемой i -м поставщиком осуществляется в каждый момент времени t траектории изменения объема выпуска изделий $y_i(t)$ и траектории прибыли $\mathfrak{J}_i(y_i, t)$.

Таким образом, для сбалансированности стратегий между поставщиком и заказчиком реализации планового задания заказчика целевая функция каждого поставщика удовлетворяет следующему неравенству

$$\mathfrak{J}_i(x_i, t, \varphi_i) \geq \max_{y_i(t)} \mathfrak{J}_i(x_i, y_i, t). \quad (11)$$

Здесь $\mathfrak{J}_i(x_i, t, \varphi_i)$ – значение целевой функции i -го поставщика при реализации им планового задания со стороны заказчика x_i .

Условием сбалансированности траекторий выпуска изделий и прибыли выполняется, если для определения функции компенсации величины прибыли у поставщика в соответствии с алгоритмом (7) является выполнение следующего неравенства

$$\varphi(x_i) \geq \Delta f_i(x_i, y_i^0, t). \quad (12)$$

Условием сбалансированности планового задания со стороны заказчика при их реали-

зации поставщиком является выполнение следующего неравенства

$$\frac{\partial \varphi(x_i, t)}{\partial x_i} \geq -\frac{\partial \mathfrak{Z}_i(y_i, t)}{\partial y_i}. \quad (13)$$

Полученное неравенство (13) должны выполняться при $y_i = x_i$.

Выполнение неравенства (13) означает, что прирост величины компенсации прибыли поставщика $\varphi(x_i, t)$ должен быть не меньше величины уменьшения прибыли у поставщика для каждого момента времени и каждого реализуемого планового задания заказчика.

На рис. 8 представлена схема организации сбалансированной компенсации величины прибыли при реализации плановых заданий со стороны заказчика.

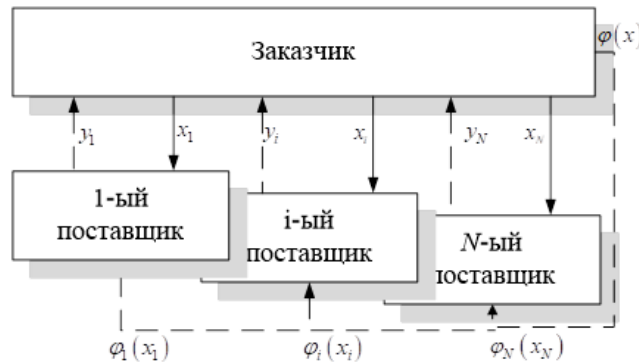


Рис. 8: Компенсации величины прибыли при реализации плановых заданий со стороны заказчика.

Fig. 8: Compensation for the amount of profit when implementing planned tasks on the part of the customer.

Из схемы следует, что каждый поставщик получает компенсацию при реализации планового задания заказчика, что позволяет обеспечить им максимальную величину прибыли.

Следует отметить, что компенсация величины прибыли у каждого поставщика при реализации планового задания со стороны заказчика возможна, если она осуществляется из величины общего эффекта получаемого заказчиком при сбалансированности плановых заданий между поставщиком и заказчиком.

Заключение

1. Предложена взаимосвязанная совокупность управленческих методов и моделей механизмов управления в системе поставок в крупном промышленном комплексе.
2. Разработано динамическое уравнение для определения величины прибыли для каждого поставщика в каждый момент времени.
3. Сформировано динамическое уравнение изменения материального потока по выпуску комплектующих и определено аналитическое уравнение функции затрат по использованию материалов, оборудования и трудовых ресурсов в каждый момент времени производственного процесса.
4. Получена цифровая компьютерная модель механизма выбора объемов комплектующих каждым поставщиком, решение которой позволило определить траектории изменения величины прибыли в каждый момент времени.
5. Определены условия эффективности вложения инвестиций в производственную систему поставок, что позволило увеличить объем выпуска продукции поставщиком до заданной заказчиком величины.

6. Определено условие сбалансированности в виде неравенства, выполнение которого означает, что прирост величины компенсации прибыли поставщика, должен быть не меньше величины уменьшения прибыли у поставщика для каждого момента времени и каждого реализуемого планового задания заказчиком.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Форрестер Дж. Мировая динамика: Пер. с англ./Под ред. Д.М. Гвишиани, Н.Н. Моисеева. – М.: Наука, 1978. – 168 с.
2. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика): Пер. с англ./Под ред. Д.М. Гвишиани. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
3. Александровский Н.М., Егоров С.В., Кузин Р.Е. Адаптивные системы управления сложными технологическими процессами. – М.: НРЕ, 1973.
4. Ануфриев И.К., Бурков В.Н., Вилкова Н.И., Рапацкая С.Т. Модели и механизмы внутрифирменного управления. М.: ИПУ РАН, 1994. – 72 с.
5. Богатырев В.Д. Модели и механизмы согласованного взаимодействия в задачах антикризисного управления: монография. – Самара: СНЦ РАН, 2004. – 284 с. ISBN: 5-93424-135-4. EDN: YAWJDN.
6. Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы функционирования социально-экономических систем с сообщением информации // Автоматика и телемеханика. – 1996. – № 3. – С. 3–26.
7. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Кулик О.С., Новиков Д.А. Механизмы страхования в социально-экономических системах. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 109 с. EDN: PFGVOD.
8. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Леонтьев С.В., Новиков Д.А., Чернышев Р.А. Механизмы финансирования программ регионального развития. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 52 с.
9. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: МЛСИ, 2005. – 584 с.
10. Щелоков Д.А., Гришанов Д.Г., Гришанов Г.М., Кирилина С.А. Внутрифирменные механизмы бюджетного управления крупным промышленным комплексом по производству ресурсоемких изделий. – Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2009.
11. Щелоков Д.А., Альтерготт В.В., Белова Д.Г., Гришанов Д.Г. Модели формирования механизмов стимулирования и бюджетирования деятельности предприятий. – Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2009.
12. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: учебник для вузов. – М.: Логос, 2001. – 356 с. ISBN: 5-94010-043-0.

Formation of dynamic balanced models of the supply management mechanism, taking into account investments in cost reduction

D. N. Verevkin, D. Yu. Ivanov

Samara National Research University, 34,
Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article proposes an interconnected set of management methods and models of management mechanisms in the supply system of a large industrial complex. A dynamic equation has been developed to determine the amount of profit for each supplier at each point in time. A dynamic equation for changing the material flow for the release of components has been formed and an analytical equation for the cost function for the use of materials, equipment and labor resources at each point in time of the production process has been determined. A digital computer model of the mechanism for selecting the volumes of components by each supplier has been obtained, the solution of which made it possible to determine the trajectories of change in the amount of profit at each point in time. It has been shown that the trajectories of income, costs and profit change adequately in accordance with the production situation. The conditions for the efficiency and balance of investment in the production supply system have been determined.

Keywords: computer simulation model; dynamic model; investments in the supply chain; flow trajectories; cost function; output volume; flow balance.

Received: Tuesday 24th September, 2024 / Revised: Thursday 24th October, 2024 /
Accepted: Saturday 23rd November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

Mathematical Statistical and Instrumental Methods of Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Verevkin D. N., Ivanov D. Yu. Formation of dynamic balanced models of the supply management mechanism, taking into account investments in cost reduction, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 22–35. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-22-35> (In Russian).

Authors' Details:

Denis N. Verevkin  <http://orcid.org/0009-0006-0293-4036>

Postgraduate Student of the Department of Management and Production Organization;
e-mail: ptc-samara@yandex.ru

Dmitry Yu. Ivanov  <http://orcid.org/0000-0003-0619-9340>

Doctor of Economics, Professor; Head of the Department of Management and Production Organization, Director of the Institute of Economics and Management; e-mail: ivanov.dyu@ssau.ru

References

1. Forrester J. World Dynamics: Trans. from English/Ed. by D.M. Gvishiani, N.N. Moiseev. – Moscow: Nauka, 1978. – 168 p. (In Russ.)
2. Forrester J. Fundamentals of enterprise cybernetics (Industrial dynamics): Trans. from English/Ed. by D.M. Gvishiani. – Moscow: Progress, 1971. – 340 p. (In Russ.)
3. Aleksandrovsky N.M., Egorov S.V., Kuzin R.E. Adaptive control systems for complex technological processes. – Moscow: NRE, 1973. (In Russ.)
4. Anufriev I.K., Burkov V.N., Vilkoval N.I., Rapatskaya S.T. Models and mechanisms of intra-firm management. – Moscow: IPU RAS, 1994. – 72 p. (In Russ.)
5. Bogatyrev V.D. Models and mechanisms of coordinated interaction in anti-crisis management problems: monograph. – Samara: SNC RAS, 2004. – 284 p. ISBN: 5-93424-135-4. EDN: YAWJDN. (In Russ.)
6. Burkov V.N., Enaleev A.K., Novikov D.A. Mechanisms of functioning of socio-economic systems with information communication // Automation and Telemechanics. – 1996. – No. 3. – pp. 3–26. (In Russ.)
7. Burkov V.N., Zalozhnev A.Yu., Kulik O.S., Novikov D.A. Insurance mechanisms in socio-economic systems. – Moscow: IPU RAS, 2001. – 109 p. EDN: PFGVOD. (In Russ.)
8. Burkov V.N., Zalozhnev A.Yu., Leontiev S.V., Novikov D.A., Chernyshev R.A. Mechanisms for financing regional development programs. – Moscow: IPU RAS, 2002. – 52 p. (In Russ.)
9. Novikov D. A. Theory of management of organizational systems. – Moscow: MLSI, 2005. – 584 p. (In Russ.)
10. Shchelokov D.A., Grishanov D.G., Grishanov G.M., Kirilina S.A. Intra-firm mechanisms of budget management of a large industrial complex for the production of resource-intensive products. – Samara: Publishing House of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2009. (In Russ.)
11. Shchelokov D.A., Altergot V.V., Belova D.G., Grishanov D.G. Models of formation of mechanisms of stimulation and budgeting of activity of enterprises. – Samara: Publishing house of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2009. (In Russ.)
12. Munipov V.M., Zinchenko V.P. Ergonomics: human-oriented design of equipment, software and environment: textbook for universities. – Moscow: Logos, 2001. – 356 p. ISBN: 5-94010-043-0. (In Russ.)

УДК 330.44

Системный анализ эффективности функционирования отраслей промышленного производства на региональном уровне

А. А. Ермакова¹, М. В. Цапенко²

¹Самарский государственный технический университет, Россия,
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

В статье представлены результаты системного анализа эффективности функционирования отраслей народного хозяйства и их влияния на формирование валового регионального продукта (ВРП). Системный анализ эффективности основан на процедурах двухэтапного многокритериального оценивания методом Data Envelopment Analysis (DEA). Обработаны статистические данные по производству ВРП для восьми федеральных округов РФ и определены округа с наибольшей эффективностью производства ВРП. Для регионов Центрального федерального округа (ЦФО), определены отрасли промышленного производства, имеющие преимущественное влияние на формирование ВРП. Произведена оценка и сравнение эффективности формирования ВРП регионов ЦФО.

Ключевые слова: Data Envelopment Analysis; эффективность функционирования; многокритериальная оценка; валовый региональный продукт.

Получение: 10 октября 2024 г. / Исправление: 9 ноября 2024 г. /

Принятие: 9 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Этот контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:


Ермакова А. А., Цапенко М. В. Системный анализ эффективности функционирования отраслей промышленного производства на региональном уровне // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 36–44. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-36-44>.

Сведения об авторах:

Анжела Александровна Ермакова  <http://orcid.org/0009-0009-7061-6162>

аспирант, ассистент кафедры «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов»;

e-mail: khapalina.aa@samgtu.ru

Михаил Владимирович Цапенко  <http://orcid.org/0000-0002-7138-9514>

кандидат экономических наук, доцент кафедры «Менеджмент и организация производства»;

e-mail: tsapenko@ssau.ru

Введение

Оценить эффективность экономической деятельности региона возможно опираясь на информацию различных рейтинговых агентств, которые оперируют большим числом частных критериев оценки эффективности. Другим способом оценки эффективности является модельный подход на основе экономико-математических методов многокритериального оценивания и системного анализа.

Одной из наиболее показательных характеристик региональной экономики является валовой региональный продукт. Этот показатель отражает количество произведенных товаров и услуг в рассматриваемом субъекте и характеризует общий уровень благосостояния жителей региона. Объем производства ВРП служит одним из основополагающих показателей при распределении субсидий государственного бюджета по субъектам. Таким образом, оценка эффективности производства ВРП является актуальной задачей исследования, которая может быть решена с помощью методов многокритериального оценивания.

Научная новизна проведенного исследования заключается в применении двухэтапной многокритериальной модели оценки сравнительной эффективности на основе метода Data Envelopment Analysis.

Цель исследования – ранжировка объектов оценивания для определения наиболее эффективных групп методом многокритериального оценивания на конечном множестве альтернатив.

Полученные результаты могут быть применены в области управления региональными социально-экономическими системами и отраслями промышленности с целью повышения эффективности функционирования в условиях многокритериальности.

В практике управления решения такой задачи востребованы по причине наличия множества частных локальных критериев эффективности, имеющих различную экономическую природу, измерители и способы исчисления. Эти критерии, как правило, противоречивы и имеют антагонистический характер поведения при реализации целевой функции объекта управления [1, 2].

1. Постановка задачи исследования и методология

ВРП позволяет оценить экономическую эффективность деятельности отдельного региона или округа, однако, это не единственная его функция. Этот показатель является ориентиром при распределении бюджетных средств по субъектам, так как позволяет оценить их экономический потенциал. Поэтому важной задачей является оценка эффективности производства ВРП и влияющих на него факторов – в первую очередь затрат ресурсов.

Решением поставленной задачи является разработка моделей многокритериального оценивания сравнительной эффективности региональных экономических систем с целью их ранжировки для определения наиболее эффективных на конечном множестве альтернатив.

В ходе настоящего исследования эту задачу предлагается решать в три этапа:

- провести многокритериальную оценку эффективности производства ВРП по Федеральным округам РФ;
- оценить эффективности производства ВРП по регионам наиболее эффективного округа;
- оценить производственные отрасли региональных экономик, имеющие наибольшее влияние на формирование ВРП.

Для решения задачи многокритериальной оценки эффективности регионов и отраслей применяется метод *DEA*. Замысел этого метода заключается в идентификации «границы эффективности», относительно которой оцениваются исследуемые объекты [3–7]. Под эффективностью в этом случае понимается отношение выходных характеристики системы, например, произведенной продукции, к входным характеристикам, например, затраченным ресурсам для производства этой продукции. Выбранная методика получила широкое распространение для решения задач многокритериального оценивания в различных сферах деятельности [8–12].

Общая постановка задачи многокритериальной оценки методом *DEA* выглядит следующим образом.

На рис.1 показан первый этап формализации системы оценки объекта, преобразующий входные характеристики (X) в выходные характеристики (Y).



Рис. 1: Структура объекта оценивания.

Fig. 1: Structure of the object of estimation.

Далее собираются исходные данные по значениям входных X_m и выходных Y_k характеристик объектов оценки и конструируется обобщённый критерий эффективности в виде отношения аддитивного взвешенного набора выходных характеристик к входным.

Для расчёта численного значения этого критерия ставится задача математического программирования:

- найти максимум функционала обобщённой эффективности:

$$f = \frac{u_{1j}Y_{1j} + u_{2j}Y_{2j} + \dots + u_{kj}Y_{kj}}{v_{1j}X_{1j} + v_{2j}X_{2j} + \dots + v_{mj}X_{mj}} \rightarrow \max_{(u_{ij}, v_{lj}) \in G_j}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (1)$$

- при наличии системы ограничений:

$$\frac{u_{1j}Y_{1j} + u_{2j}Y_{2j} + \dots + u_{kj}Y_{kj}}{v_{1j}X_{1j} + v_{2j}X_{2j} + \dots + v_{mj}X_{mj}} \leq 1, \quad u_{ij} > 0, \quad v_{lj} > 0, \quad j = \overline{1, N} \quad (2)$$

Результатами решения задачи (1), (2) являются значения весовых коэффициентов u_{tn} и v_{tn} для каждого объекта, отражающих вклад соответствующих характеристик и количественная оценка обобщённого критерия эффективности, нормированная на единичном интервале.

Одной из разновидностей *DEA*-методики является модель *Superefficiency*, имеющая вид (3)–(4)

$$S_j = \frac{\bar{u}_{1j}Y_{1j} + \bar{u}_{2j}Y_{2j} + \dots + \bar{u}_{kj}Y_{kj}}{\bar{v}_{1j}X_{1j} + \bar{v}_{2j}X_{2j} + \dots + \bar{v}_{mj}X_{mj}} \rightarrow \max_{(\bar{u}_{ij}, \bar{v}_{lj}) \in \bar{G}_j} \quad (3)$$

$$\frac{\bar{u}_{1j}Y_{1j} + \bar{u}_{2j}Y_{2j} + \dots + \bar{u}_{kj}Y_{kj}}{\bar{v}_{1j}X_{1j} + \bar{v}_{2j}X_{2j} + \dots + \bar{v}_{mj}X_{mj}} \leq 1, \quad \forall \left(\begin{array}{l} j = \overline{1, N}; j \neq n; i = \overline{1, k}; \\ l = \overline{1, m}; \bar{u}_{ij} > 0; \bar{v}_{lj} > 0 \end{array} \right) \quad (4)$$

Отличие моделей (1), (2) и (3), (4) определяется наличием условия $j \neq n$, которое исключает ограничение ≤ 1 на значение обобщенного критерия эффективности для оцениваемого объекта, что позволяет получить оценку эффективности, превышающую единицу [13–15].

2. Ход исследования и полученные результаты

Для решения задачи системного анализа эффективности функционирования отраслей промышленного производства на региональном уровне реализуем алгоритмы *DEA*-метода на разных уровнях территориальных образований Российской Федерации.

Осуществим постановку функциональной модели объекта оценивания – выберем состав входных и выходных характеристик.

В качестве входных величин определим: численность занятых в региональной экономике (L) и стоимостную оценку основных фондов территориального образования (K). Выходной характеристикой в моделях определим результирующий фактор – объем ВРП субъекта (Y). На основе этой модели определим наиболее эффективные округа и регионы.

После определения регионов, имеющих наибольшую эффективность, необходимо перейти к следующему этапу исследования. Для его реализации нужно оценить влияние производственных отраслей каждого региона на формирование ВРП и выбрать из них наиболее значимые. Сравнение регионов будем проводить по совпадающим отраслям.

Исходными данными для расчета являются официальные статистические данные по анализируемым регионам [16].

Первым этапом производилась оценка эффективности формирования ВРП среди федеральных округов РФ. Результаты многокритериальной оценки представлены в таблице 3.

Таблица 1: Многокритериальная оценка сравнительной эффективности федеральных округов РФ

Table 1: Multicriteria assessment of the comparative efficiency of the federal districts of the Russian Federation

Округ	K , млн. руб.	L , тыс. чел.	Суммарный ВРП регионов, млн. руб.	Оценка SE эффективности по модели (3), (4)
Центральный	41439897	20958	47367524.5	120,86%
Северо-Западный	21959772	7299	18928860.6	104,82%
Южный	12001990	8021	9815610.9	69,72%
Северо-Кавказский	2205571	4309	3111332.3	123,41%
Приволжский	23115608	14175	19664499.4	73,15%
Уральский	43547756	5965	20073356.5	129,75%
Сибирский	13179687	7884	13054068.2	85,38%
Дальневосточный	14131803	3921	8655564.1	81,75%

Как видно из данных, представленных в таблице 3, наивысшие оценки эффективности получили Центральный, Северо-Западный, Северо-Кавказский и Уральский федеральные округа.

Следующим этапом является сравнительная оценка регионов, входящих в состав округов с наибольшей эффективностью. Рассмотрим решение этой задачи на примере Центрального федерального округа как самого крупного из анализируемой совокупности и получившего наивысшую оценку эффективности.

Результаты многокритериальной оценки эффективности производства ВРП в регионах Центрального федерального округа представлены в таблице 2.

Таблица 2: Многокритериальная оценка сравнительной эффективности регионов Центрального федерального округа

Table 2: Multicriteria assessment of comparative efficiency of the regions of the Central Federal District

Регион ЦФО	K , млн. руб.	L , тыс. чел.	Суммарный ВРП регионов, млн. руб.	Оценка SE эффективности по модели (3), (4)
Белгородская область	1039810	795	1311232.6	95,27%
Брянская область	579426	559	549347.1	71,29%
Владимирская область	671650	706	780490.4	87,20%
Воронежская область	1521225	1155	1377736.5	68,43%
Ивановская область	268625	474	364016.5	103,46%
Калужская область	945555	548	693947.6	55,69%
Костромская область	252444	273	276043.9	82%
Курская область	836436	537	665472.5	60,29%
Липецкая область	1168566	589	792823.2	51,28%
Московская область	6652761	4394	7720842.6	87,9%
Орловская область	383394	329	369901.2	72,73%
Рязанская область	944332	521	619185	49,79%
Смоленская область	628297	452	483299.8	58,18%
Тамбовская область	573148	496	473768.7	62,3%
Тверская область	1027545	612	629399	46,46%
Тульская область	1094853	795	1004283.2	69,37%
Ярославская область	1087494	597	748305.6	52,26%
г. Москва	21764336	7127	28507429.1	227,64%

Как видно из данных, представленных в таблице 2, по итогам оценки DEA-методом были определены следующие территориальные единицы Центрального федерального округа: Ивановская область и город федерального значения Москва.

Для реализации заключительного этапа исследования по результатам анализа официальных статистических данных [16] были отобраны отрасли промышленности, оказывающие наибольшее влияние на формирование ВРП рассматриваемых субъектов: «Обрабатывающие производства», «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов», «Транспортировка и хранение». Такое отраслевое деление соответствует вступившему в силу в 2017 году новому Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности – ОКВЭД-2 [17].

Входными данными для реализации этого этапа системной оценки будут являться также затраты капитальных K и трудовых ресурсов L , а в качестве выходной характеристики возьмём SE оценку эффективности производства ВРП в рассматриваемом субъекте, полученную на предыдущем этапе исследования (2). Полученные результаты представлены в таблице 3.

Как видно из данных, представленных в таблице 3, наибольшую оценку эффективности в Ивановской области получила отрасль транспортировки и хранения. В г. Москва наиболее эффективной является отрасль обрабатывающего производства.

Полученные результаты позволяют провести ранжировку видов экономической деятельности в рассматриваемых регионах:

Таблица 3: Многокритериальная оценка сравнительной эффективности лидирующих видов экономической деятельности регионов с максимальной эффективностью

Table 3: Multicriteria assessment of comparative efficiency of leading economic activities of regions with maximum efficiency

Отрасль	K	L	SE (выход)	SE
Ивановская область				
Обрабатывающие производства	47457	96600	103,46%	78,64%
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	75560	95300	103,46%	49,39%
Транспортировка и хранение	37322	28400	103,46%	335,56%
г. Москва				
Обрабатывающие производства	33058528	392100	227,64%	15,94%
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	16160858	986500	227,64%	6,33%
Транспортировка и хранение	1549026034	380800	227,64%	8,21%

– отрасли «Обрабатывающие производства», «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов» Ивановской области характеризуются менее высокими оценками;

– наименьшие оценки эффективности были получены отраслями «Обрабатывающие производства», «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов» и «Транспортировка и хранение» в г. Москва. Такие результаты связаны с внушительными объемами затрачиваемых в этих отраслях ресурсов.

Заключение

1. Представлены результаты системного анализа эффективности функционирования отраслей народного хозяйства и их влияния на формирование валового регионального продукта (ВРП).
2. Полученные оценки позволяют сделать вывод о максимальной эффективности отрасли «Транспортировка и хранение» в Ивановской области.
3. Для регионов Центрального федерального округа (ЦФО), определены отрасли промышленного производства, имеющие преимущественное влияние на формирование ВРП.

Библиографический список

1. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга // Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – 2015. – 600 с. ISBN: 978-5-94672-923-9. EDN: TNXMBL.
2. Fuh-Hwa Franklin Liu, Su-Chuan Shih Algorithms for Multi-Criteria Decision-Making and Efficiency Analysis Problems // Optimization and Control. – 2024. – Vol. 37. DOI: 10.48550/arXiv.2406.06090.

3. Farrel M.J. The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General). – 1957. – no. 3. – pp. 253–281.
4. Кривоножко В.Е., Пропой А.И., Сеньков Р.В., Родченков И.В., Анохин П.М Анализ эффективности функционирования сложных систем // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
5. Ратнер С.В., Шапошников А.М. Практические приложения сетевого анализа среды функционирования (Network Data Envelopment Analysis) // Экономический анализ: теория и практика. – 2023. – Т. 22. – № 5 (536). – С. 800–828. EDN: GONXIV.
6. Зеленская Е.М. Применение метода «Анализ среды функционирования» в оценке эффективности деятельности учреждений культуры // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Гуманитарные и общественные науки. – 2018. – № 2. – С. 39–51. EDN: XTAWXJ.
7. Игловская А.И., Сальникова А.А. Оценка эффективности систем корпоративной социальной ответственности электросетевых компаний России с использованием метода анализа среды функционирования // Век качества. – 2019. – № 3. – С. 86–105. EDN: MHJEXY.
8. Borrás F., Ruiz J.L., Sirvent I. Planning improvements through data envelopment analysis (DEA) benchmarking based on a selection of peers // Socio-Economic Planning Sciences. – 2024. – Vol. 95. – pp. 102020. DOI: 10.1016/j.seps.2024.102020.
9. Georgescu M.R., Lungu A.E. Innovation performance assessment of EU: A Data Envelopment Analysis (DEA) // Procedia Computer Science. – 2024. – Vol. 239. – pp. 1304–1311. DOI: 10.1016/j.procs.2024.06.300.
10. Qi H., Zhou Z., Li N., Zhang C. Construction safety performance evaluation based on data envelopment analysis (DEA) from a hybrid perspective of cross-sectional and longitudinal // Safety science. – 2022. – Vol. 146. – pp. 105532. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105532.
11. Kotnisa M., Guzowska M.K. Effectiveness of city halls' social networking sites in Poland based on the Data Envelopment Analysis (DEA) Methodology // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 192. – pp. 4227–4236. DOI: 10.1016/j.procs.2021.09.199.
12. Longo L. et al. DEA (data envelopment analysis)-assisted supporting measures for ground coupled heat pumps implementing in Italy: A case study // Energy. – 2015. – Vol. 90. – Part 2. – pp. 1967–1972. DOI: 10.1016/j.energy.2015.07.024.
13. Hadad Y., Friedman L., Sinuany-Stern Z., Mehrez A. DEA super efficiency multistage ranking // Computer Modelling New Technologies. – 2003. – Vol. 7. – no. 1. – pp. 37–46.
14. Mahajan V., Nauriyal D.K., Singh S.P. Efficiency and Ranking of Indian Pharmaceutical Industry: Does Type of Ownership Matter? // Eurasian Journal of Business and Economics. – 2014. – Vol. 7. – no. 14. – С. 29–50. DOI: 10.17015/ejbe.2014.014.02.
15. Селамзаде Ф.Д. Оценка эффективности системы здравоохранения Российской Федерации с помощью оболочечного анализа данных: на примере Республик // Globus: Экономика и юриспруденция. – 2021. – Т. 7. – № 1(41). – С. 7–20. EDN: WPKSRW.
16. Российский статистический ежегодник. 2023: статистический сборник // Росстат. – М. – 2023. – 701 с.
17. Приказ Росстандарта «О внесении изменений в приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 января 2014 г. № 14-ст «О принятии и введении в действие Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД2) ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2) и Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2) ОК 034-2014 (КПЕС 2008)» от 10.11.2015 № 1745-ст. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_189085/ (дата обращения: 08.09.2024).

System analysis of the efficiency of functioning of industrial production sectors at the regional level

A. A. Ermakova¹, M. V. Tsapenko²,

¹ Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya st.,
Samara, 443100, Russia.

² Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article presents the results of the system analysis of the efficiency of the national economy sectors and their impact on the formation of the gross regional product (GRP). The system analysis of efficiency is based on the procedures of two-stage multi-criteria assessment using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. The statistical data on GRP production for eight federal districts of the Russian Federation are processed and the districts with the highest efficiency of GRP production are identified. For the regions of the Central Federal District (CFD), the branches of industrial production that have a predominant influence on the formation of GRP are identified. The efficiency of GRP formation of the regions of the CFD is assessed and compared.

Keywords: Data Envelopment Analysis; performance efficiency; multi-criteria assessment; gross regional product.

Received: Thursday 10th October, 2024 / Revised: Saturday 9th November, 2024 /
Accepted: Monday 9th December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:


Ermakova A. A., Tsapenko M. V. System analysis of the efficiency of functioning of industrial production sectors at the regional level, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 36–44. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-36-44> (In Russian).

Authors' Details:

Angela A. Ermakova  <http://orcid.org/0009-0009-7061-6162>

Graduate Student, Assistant of the Department of Management and System Analysis of Thermal Power and Socio-Technical Complexes;

e-mail: khapalina.aa@samgtu.ru

Mikhail V. Tsapenko  <http://orcid.org/0000-0002-7138-9514>

Candidate of Economics, associate professor of the Department of Management and organization of production; e-mail: tsapenko@ssau.ru

References

1. Orlov A.I., Lutsenko E.V., Loiko V.I. Promising mathematical and instrumental methods of controlling // Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. – 2015. – 600 p. ISBN: 978-5-94672-923-9. EDN: TNXMBL. (In Russ.)
2. Fuh-Hwa Franklin Liu, Su-Chuan Shih Algorithms for Multi-Criteria Decision-Making and Efficiency Analysis Problems // Optimization and Control. – 2024. – Vol. 37. DOI 10.48550/arXiv.2406.06090.
3. Farrel M.J. The Measurement of Productive Efficiency // Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General). – 1957. – No. 3. – pp. 253–281.
4. Krivonozhko V.E., Propoy A.I., Senkov R.V., Rodchenkov I.V., Anokhin P.M. Analysis of the efficiency of functioning of complex systems // Automation of design. – 1999. – No. 1. – pp. 2–7. (In Russ.)
5. Ratner S.V., Shaposhnikov A.M. Practical applications of network data envelopment analysis // Economic analysis: theory and practice. – 2023. – Vol. 22. – No. 5 (536). – pp. 800–828. EDN: GOHXIB. (In Russ.)
6. Zelenskaya E.M. Application of the method "Analysis of the operating environment" in assessing the effectiveness of cultural institutions // Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Humanities and social sciences. – 2018. – No. 2. – pp. 39–51. EDN: XTAWXJ. (In Russ.)
7. Iglovskaya A.I., Sahnikova A.A. Evaluation of the effectiveness of corporate social responsibility systems of Russian electric grid companies using the method of analyzing the operating environment // Century of quality. – 2019. – No. 3. – pp. 86–105. EDN: MHJEXY. (In Russ.)
8. Borrás F., Ruiz J.L., Sirvent I. Planning improvements through data envelopment analysis (DEA) benchmarking based on a selection of peers // Socio-Economic Planning Sciences. – 2024. – Vol. 95. – pp. 102020. DOI: 10.1016/j.seps.2024.102020.
9. Georgescu M.R., Lungu A.E. Innovation performance assessment of EU: A Data Envelopment Analysis (DEA) // Procedia Computer Science. – 2024. – Vol. 239. – pp. 1304–1311. DOI: 10.1016/j.procs.2024.06.300.
10. Qi H., Zhou Z., Li N., Zhang C. Construction safety performance evaluation based on data envelopment analysis (DEA) from a hybrid perspective of cross-sectional and longitudinal // Safety science. – 2022. – Vol. 146. – pp. 105532. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105532.
11. Kotnisa M., Guzowska M.K. Effectiveness of city halls' social networking sites in Poland based on the Data Envelopment Analysis (DEA) Methodology // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 192. – pp. 4227–4236. DOI: 10.1016/j.procs.2021.09.199.
12. Longo L. et al. DEA (data envelopment analysis)-assisted supporting measures for ground coupled heat pumps implementing in Italy: A case study // Energy. – 2015. – Vol. 90. – Part 2. – pp. 1967–1972. DOI: 10.1016/j.energy.2015.07.024.
13. Hadad Y., Friedman L., Sinuany-Stern Z., Mehrez A. DEA super efficiency multistage ranking // Computer Modelling New Technologies. – 2003. – Vol. 7. – No. 1. – pp. 37–46.
14. Mahajan V., Nauriyal D.K., Singh S.P. Efficiency and Ranking of Indian Pharmaceutical Industry: Does Type of Ownership Matter? // Eurasian Journal of Business and Economics. – 2014. – Vol. 7. – No. 14. – pp. 29–50. DOI: 10.17015/ejbe.2014.014.02.
15. Selamzade F.D. Evaluation of the effectiveness of the healthcare system of the Russian Federation using shell data analysis: on the example of the Republics // Globus: Economics and Jurisprudence. – 2021. – Vol. 7. – No. 1 (41). – pp. 7–20. EDN: WPKSRW. (In Russ.)
16. Russian statistical yearbook. 2023: statistical collection // Rosstat. – M. – 2023. – 701 p. (In Russ.)
17. Order of Rosstandart "On Amendments to the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated January 31, 2014 No. 14-st "On the Adoption and Implementation of the All-Russian Classifier of Types of Economic Activity (OKVED2) OK 029-2014 (KDES Rev. 2) and the All-Russian Classifier of Products by Type of Economic Activity (OKPD2) OK 034-2014 (KPES 2008)" dated November 10, 2015 No. 1745-st. [Electronic resource]. Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_189085/ (accessed: 08.09.2024). (In Russ.)

УДК 332.142.6

Об эргодичности экономических процессов, представленных временными рядами

Д. Б. Зотьев, Д. И. Чернышова

Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»,
Россия, 630099, Новосибирск, ул. Каменская, д. 56.

Аннотация

В статье представлен метод проверки слабой стационарности случайного процесса по временному ряду, который сводится к вычислению среднего и автокорреляционной функции на отрезках исходного ряда. Новизна представленных процедур состоит в оценках стационарности этих значений. Известный теоретический критерий эргодичности случайного процесса адаптирован для практического применения. Представленные методы опробованы на модельном примере слабо эргодического случайного процесса и временном ряде котировок акций компании «Инарктика».

Ключевые слова: эргодический процесс; стационарный случайный процесс; корреляционный анализ; автокорреляционная функция; автоковариационная функция; корреляционная функция; коэффициент корреляции; ложная корреляция; временной ряд; случайная функция.

Получение: 15 октября 2024 г. / Исправление: 14 ноября 2024 г. /

Принятие: 14 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Введение

Случайные процессы играют фундаментальную роль в экономике. Например, в значительной мере случайным образом эволюционируют котировки ценных бумаг или объемы продаж товаров. В данной статье случайным процессом (СП) называется зависящая от времени случайная величина $X(t)$. Другое его название – случайная функция [1].

Математические статистические и инструментальные методы экономики (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

© Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Зотьев Д. Б., Чернышова Д. И. Об эргодичности экономических процессов, представленных временными рядами // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 45–62. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-45-62>.

Сведения об авторах:

Дмитрий Борисович Зотьев  <http://orcid.org/0000-0002-8472-6460>

доктор физико-математических наук, профессор кафедры математики и естественных наук;
e-mail: zotev@inbox.ru

Дарья Игоревна Чернышова  <http://orcid.org/0009-0001-4455-2566>

студентка 3 курса факультета цифровых технологий; e-mail: beyourself20@mail.ru

Будем считать, что эволюция процесса происходит с момента начала наблюдения за ним и продолжается неограниченно долго. Если при некотором $t \in (0, \infty)$ измерить случайную величину $X(t)$, то она примет значение $x(t)$. Так возникает вполне определенная функция времени $x(t)$, которая называется реализацией случайного процесса $X(t)$.

Некоторые случайные процессы проявляют себя лишь в дискретные моменты времени, так что переменная t принимает значения $t_i = i\Delta t$, где $i = 0, 1, \dots, n, \dots$ и Δt – шаг дискретизации.

Важнейшей характеристикой случайного процесса является функция $m_X(t) = E(X(t))$, выражающая среднее значение случайной величины $X(t)$ при каждом фиксированном t .

Линейная взаимосвязь величин $X(t)$ и $X(t')$ характеризуется автоковариационной функцией (АКФ)

$$K_X(t, t') = E[(X(t) - m_X(t)) \cdot (X(t') - m_X(t'))]. \quad (1)$$

Заметим, что для каждого t дисперсия имеет вид

$$\sigma^2(X(t)) = K_X(t, t),$$

а коэффициент корреляции между случайными величинами $X(t)$ и $X(t')$ выражается автокорреляционной функцией

$$R_X(t, t') = \frac{K_X(t, t')}{\sqrt{K_X(t, t)} \cdot \sqrt{K_X(t', t')}}.$$

Стационарный случайный процесс $X(t)$ характеризуется тем, что все его вероятностные характеристики не меняются при любом сдвиге момента начала наблюдения по оси t вправо.

Если все эти характеристики можно определить по одной произвольной реализации $x(t)$, то такой процесс называется *эргодическим*. Свойство эргодичности влечет за собой стационарность [1]. Строго проверить эргодичность или хотя бы стационарность весьма сложно, но на практике часто бывает достаточно более слабых свойств, называемых стационарностью и эргодичностью в широком смысле. Мы будем называть их слабой стационарностью и слабой эргодичностью. Эти свойства относятся лишь к среднему значению и АКФ случайного процесса.

Со случайными процессами тесно связаны временные ряды, являющиеся дискретизациями функций $x(t)$ и реализующие либо непрерывные либо дискретные СП.

В качестве временного ряда рассматривается последовательность $x(t_i)$ с постоянным шагом $t_i = i \cdot \Delta t$, ($i = 0, 1, 2, \dots$).

Важную роль в исследованиях случайных процессов в экономике играет корреляционный анализ, который основан на вычислении автокоррелограмм и взаимных коррелограмм. В настоящей статье показано, что эти процессы должны быть стационарными и эргодическими в слабом смысле. Условие стационарности встречается в контексте корреляционного анализа, но не всегда осознается, как необходимое.

Например, известный эффект ложной корреляции возникает вследствие того, что временные ряды имеют линейные тренды [2]. Достаточно их удалить, переходя к отклонениям от трендов.

Вместо этого зачастую предлагается выполнить глубокий, содержательный анализ наличия взаимосвязи факторов или выявить третий фактор, через который взаимодей-

ствуют два коррелирующих фактора [3].

Между тем, ограничиваясь слабо стационарными случайными процессами мы исключаем эффект ложной корреляции.

Условие слабой эргодичности в общем не считается необходимым для корреляционного анализа временных рядов. В работе [4] указано следующее препятствие для корреляционного анализа: «*Следует отметить, что вычисление линейных мер корреляции непосредственно между исходными данными финансовых временных рядов малоэффективно, поскольку формально, с точки зрения корреляционной теории случайных процессов, приращеня финансовых временных рядов являются белыми шумами.*»

Слабая стационарность здесь подразумевается, однако нет упоминания об эргодичности. Как видно из рис. 1, приращения котировок акций компании «Инарктика» белыми шумами не являются. Поэтому при условиях слабой стационарности и слабой эргодичности, которые находят подтверждение в данной статье, к этому временному ряду применимы методы корреляционного анализа. Отсюда следует, например, что акции компании «Инарктика» можно использовать при проектировании эффективного по Марковицу портфеля.

Таким образом, проверка случайного процесса на слабую эргодичность является практически важной задачей. Без этой проверки использование корреляционного анализа временных рядов не имеет под собой надежных оснований и может приводить к ложным умозаключениям. Но, как мы видели, вопросу об эргодичности уделяется мало внимания.

Отчасти это связано с отсутствием эффективных критериев эргодичности или хотя бы слабой эргодичности в (типичной для экономики) ситуации, когда исследователь вынужден анализировать случайный процесс по одному единственному временному ряду.

Например, во введении к работе [5] сказано следующее. «*The concept of ergodicity is fundamental in the analysis of economic time series and of dynamic models calibrated by time series data. It is, therefore, surprising that no general testing procedure has been proposed to examine this important hypothesis. The objective of this paper is to fill this gap for the case of Markov processes.*»

Авторам работы [6] удалось найти лишь две сравнительно новых публикации [5] и [7], в которых обсуждается вопрос о практической проверке эргодичности.

В работе [7], однако, рассматривается весьма частная задача эргодического расчета вероятности значений временного ряда с конечным алфавитом.

В статье [6] предлагается метод проверки эргодичности временного ряда по его среднему значению (свойство 1э). При этом авторы используют автокорреляционную функцию, предполагая ее эргодичность и отмечая объективную сложность проверки данного свойства.

Термины «стационарность» и «эргодичность» временного ряда часто используются, как синонимы.

В статье [8] на стр. 384 и 385 предлагается вычислять АКФ и среднее значение СП по одной его реализации $x(t)$, при этом какая-либо эргодичность не предполагается. Требуется лишь, чтобы СП был стационарным.

В работе [9] термин «эргодичность» встречается один раз – в сноске на стр. 209, где его значение не поясняется, дана лишь ссылка на работу [10]. Данная книга объясняет определенное смешение понятий эргодичность и стационарность.

Из текста работы [10] на стр. 559, 562 вытекает, что стационарный СП является слабо эргодическим, если коэффициент корреляции между любыми случайными величинами $X(t)$ и $X(t + \tau)$ равен нулю при всех достаточно больших временных сдвигах τ .

Это условие выглядит весьма естественно для случайных процессов в экономике, однако в работе [10] стационарность предполагается в сильном смысле, что без обширной статистики реализаций данного СП проверить невозможно.

Таким образом, слабая эргодичность все же нуждается в проверке, даже если слабая стационарность установлена. Проверка последнего – отдельная задача, которая предшествует проверке слабой эргодичности.

По-видимому, единственный метод ее решения, не апеллирующий к субъективным суждениям, связан с такими статистическими критериями, как ADF и KPSS [11, 12].

Подобно многим статистическим критериям, они достаточно надежно опровергают нулевую гипотезу о слабой стационарности при отрицательном исходе теста, но при положительном исходе, по существу, лишь оставляют у исследователя надежду. Кроме того, тесты типа ADF и KPSS проверяют на стационарность достаточно простые, линейные модели временного ряда, адекватность которых может быть различной.

Целью публикуемой статьи является практическая разработка методов проверки слабой стационарности и слабой эргодичности.

1. Слабая стационарность

Свойство слабой стационарности: значение $m_X(t)$ не зависит от t , а функция (1) зависит только от интервала времени $t' - t$, так что $K_X(t, t') = k_X(t - t')$ для некоторой функции $k_X(\tau)$, где $k_X(\tau) = k_X(-\tau)$.

Если эти условия выполнены, то имеет место равенство $\sigma^2(X(t)) = k_X(0)$ и дисперсия σ^2 не зависит от времени t .

Отсюда следует, что

$$R_X(t, t') = \frac{k_X(t - t')}{\sigma^2} = \rho_X(t - t').$$

Функции $k_X(\tau)$ и $\rho_X(\tau)$ также называются автоковариационной и автокорреляционной.

Для непрерывного, слабо стационарного процесса слабая эргодичность означает, что справедливы свойства **1э** и **2э**. Свойство **1э** также называют эргодичностью по математическому ожиданию или просто «эргодичностью», а свойство **2э** – эргодичностью по автокорреляционной функции [1].

1э: Константу $m_X = m_X(t)$ можно вычислить, как среднее по времени значение \bar{x} любой реализации $x(t)$ процесса $X(t)$

$$m_X = \bar{x} = \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T x(t) dt. \quad (2)$$

Здесь подразумевается сходимостъ по вероятности. Последнее означает, что, при вычислении среднего по ансамблю приближенной формулой $m_X \approx \frac{1}{T} \cdot \int_0^T x(t) dt$, если время T достаточно велико, то с как угодно близкой к 1 вероятностью погрешность будет пренебрежимо малой.

2э: Автоковариационную функцию $k_X(\tau)$ можно вычислить по любой реализации $x(t)$

процесса $X(t)$

$$k_X(\tau) = \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left(x(t) - m_X \right) \cdot \left(x(t + \tau) - m_X \right) dt. \quad (3)$$

В случае дискретного слабо стационарного, слабо эргодического процесса формулы (2) и (3) следует заменить на формулы

$$m_X = \bar{x} = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{\sum_{i=0}^n x(t_i)}{n + 1} \quad (4)$$

и

$$k_X(j\Delta t) = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{n + 1} \cdot \sum_{i=0}^n \left(x(t_i) - m_X \right) \cdot \left(x(t_{i+j}) - m_X \right) \quad j = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

Временные ряды, возникающие на практике имеют конечное число членов, которое мы обозначим $N + 1$. Член $x(t_i)$ будем называть i -м уровнем ряда и обозначать x_i .

Если случайный процесс представлен временным рядом, отвечающим периоду времени $[0; T]$, то вместо (2) и (4) следует использовать приближенную формулу

$$m_X \approx \frac{\sum_{i=0}^N x_i}{N + 1}, \quad (6)$$

где $T = N \cdot \Delta t$.

При этом вместо (3) и (5) можно использовать приближенную формулу

$$k_X(j\Delta t) \approx c_j = \frac{\sum_{i=0}^{N-j} \left(x_i - m_X \right) \cdot \left(x_{i+j} - m_X \right)}{N + 1 - j}, \quad (7)$$

где $j = 0, 1, \dots, L$.

Вместо знаменателя $N + 1 - j$ в (7) также используется $N + 1$.

Приближенные равенства в (6) и (7) предполагают, что $\Delta t \ll T$ и $L \ll N$. Условие $L \ll N$ обычно упрощают до $L \ll N/4$.

Последовательность чисел c_j называется автоковариацией временного ряда x_i . Если слабо стационарные случайные процессы $X(t)$ и $Y(t)$ являются стационарно связанными, то их взаимную корреляционную функцию $k_{XY}(\tau)$ можно приближенно вычислить по формуле [1]

$$k_{XY}(j\Delta t) \approx C_j = \frac{\sum_{i=0}^{N-j} \left(x_i - m_X \right) \cdot \left(y_{i+j} - m_Y \right)}{N + 1 - j}. \quad (8)$$

Последовательность C_j называется взаимной ковариацией временных рядов x_i и y_i .

На рис. 1 в качестве примера временного ряда показаны ежедневные котировки акций компании «Инарктика» в течение 90 дней с 21.12.2022 по 20.03.2023 (Номера дня $j =$

$1, 2, \dots, 90, t_{j-1} = j - 1, \Delta t = 1)$ [13].

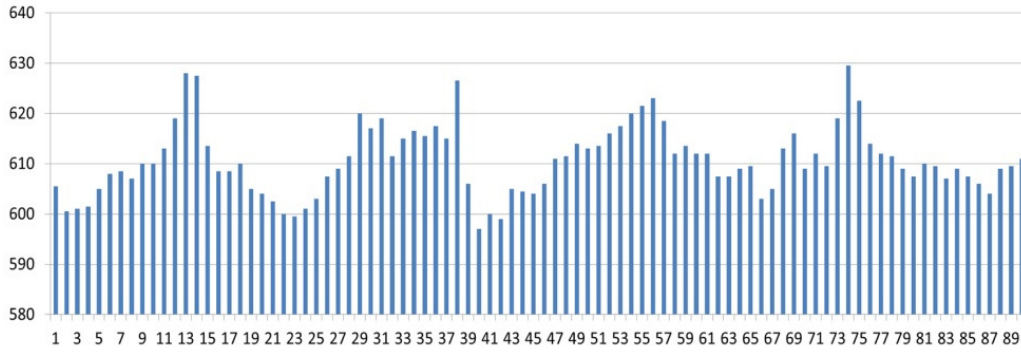


Рис. 1: Котировки акций компании «Инарктика».

Fig.1: «Inarktika» company stock quotes.

Если для некоторых констант a, b, c, d временные ряды $x_i, y_i, (i = 0, 1, 2, \dots, N)$ имеют приблизительно линейные тренды $x_i \approx ai + b$ и $y_i \approx ci + d$, то

$$y_i \approx \frac{c}{a} \cdot x_i + \left(d - \frac{bc}{a} \right)$$

между этими временными рядами имеет место приблизительно линейная зависимость, которая отразится в близком к ± 1 значении коэффициента корреляции $r(x, y)$.

Между тем, случайные компоненты этих временных рядов могут оказаться независимыми между собой, так что коэффициент их корреляции будет близким к нулю.

Поэтому вывод о коррелированности случайных процессов $X(t)$ и $Y(t)$ не имеет под собой оснований несмотря на то, что $|r(x, y)| \approx 1$.

Для демонстрации этого нужно сгенерировать два временных ряда, коэффициент корреляции между которыми близок к нулю, и добавить к ним линейные тренды коэффициент корреляции которых станет близок к единице.

Глубокий анализ эффекта ложной корреляции, который может иметь не связанные с линейными трендами причины приводится в работе [14]. Однако, на практике ложная корреляция не всегда распознается и порой принимается за настоящую. Перед подсчетом коэффициентов корреляции или коррелограмм для временных рядов необходимо, во всяком случае, удалить из них линейные тренды.

Слабо стационарные СП не имеют линейных трендов, но важность условия слабой стационарности этим не исчерпывается.

В самом деле, в формулах (7) и (8) подразумевается, что средние значения m_X и m_Y являются константами, определенными согласно формуле (6).

Из правых частей формул (7) и (8) также видно, что они зависят только от числа j , которое определяет временной сдвиг второго аргумента ковариационных функций $K_X(\cdot, \cdot)$ и $K_{XY}(\cdot, \cdot)$ относительно первого.

Таким образом, основополагающие инструменты анализа временных рядов – среднее значение, стандартное отклонение, автоковариации/автокорреляции и взаимные ковариации/корреляции имеют смысл только применительно к слабо стационарным случайным процессам.

Для СП, представленного временным рядом $x_i, (i = 0, 1, \dots, N)$, условие слабой стационарности можно проверить следующим образом.

1с : Вычислим среднее значение уровней ряда \bar{x} . Рассматривая множество чисел $\{x_i\}$, как генеральную совокупность, оценим объем n выборки из этой совокупности, который с надежностью $P \geq 0.95$ обеспечивает границу ε относительной погрешности среднего значения выборки \bar{x}_s по отношению к \bar{x} (предполагается, что \bar{x} не близко к нулю).

Погрешность $\frac{|\bar{x} - \bar{x}_s|}{|\bar{x}|}$ можно оценить числом

$$\varepsilon = t_{\frac{P+1}{2}} \cdot \frac{\sigma}{|\bar{x}|\sqrt{n}}, \quad (9)$$

где $t_{\frac{P+1}{2}}$ обозначает $\frac{P+1}{2}$ – квантиль распределения Стьюдента с $n-1$ степенями свободы [1].

Для корректного использования формулы (9) следует удалить из временного ряда x_i тренд, если он существует. Таким образом, для случайной выборки объема n вероятность события $\left\{ \frac{|\bar{x} - \bar{x}_s|}{|\bar{x}|} \leq \varepsilon \right\}$ не меньше P . При этом число n должно быть существенно меньшим, чем $N+1$, иначе (приблизительная) стационарность величины \bar{x}_s будет тривиальным следствием ее близости к \bar{x} . Например, пусть $n \leq \frac{N+1}{2}$.

Для того, чтобы проверить стационарность среднего значения $m_X(t)$, при каждом $m = 0, 1, \dots, N-n+1$ вычислим $\bar{x}_s(m) = \frac{\sum_{j=m}^{m+n-1} x_j}{n}$ и найдем

$$\delta = \max_{0 \leq m \leq N-n+1} \frac{|\bar{x} - \bar{x}_s(m)|}{|\bar{x}|}. \quad (10)$$

Если $\delta \leq \varepsilon$, то относительные отклонения средних значений $\bar{x}_s(m)$ функции $x(t)$ при $m\Delta t \leq t \leq (m+n-1)\Delta t$ от ее среднего значения \bar{x} не превышают статистической погрешности оценки $\bar{x}_s \approx \bar{x}$, полученной из случайной выборки n уровней ряда.

Таким образом, неравенства $\delta \leq \varepsilon$ подтверждают (хотя и не доказывают) гипотезу о том, что $m_X(t)$ не зависит от t .

Если $\delta > \varepsilon$, но $\delta - \varepsilon \ll \delta$, то эту гипотезу также можно признать подтвержденной.

Неравенство $\delta \gg \varepsilon$ следует считать свидетельством того, что $m_X(t)$ существенно зависит от t . Вследствие субъективности условия $\delta \gg \varepsilon$ некоторые соотношения между δ и ε , например $\delta = 2\varepsilon$, попадают в «серую зону», из которой трудно извлечь определенное суждение.

2с : Для того, чтобы проверить стационарность АКФ $K_X(t_1, t_2)$, вычислим автоковариацию c_j^m для временного ряда $x_m, x_{m+1}, \dots, x_{m+n-1}$ при каждом $m = 0, 1, \dots, N-n+1$

$$c_j^m = \frac{1}{n-j} \cdot \sum_{i=m}^{m+n-1-j} \left(x_i - \bar{x}_s(m) \right) \cdot \left(x_{i+j} - \bar{x}_s(m) \right),$$

где $j = 0, 1, \dots, L \leq \frac{n}{4}$.

Предположим, что СП является слабо стационарным. Тогда величина c_j^m вычисляется по формуле

$$c_j^m \approx K_X \left(m \Delta t, (m+j) \Delta t \right).$$

Кроме того, если погрешностями этих приближений пренебречь, то при каждом j величины c_j^m не зависят от m .

Вычислим автокоррелограмму $\rho_j^m = \frac{c_j^m}{c_0^m}$, которая тоже не зависит от m .

Числа ρ_j^m – это выборочные коэффициенты корреляции, которые при заданной надежности P и фиксированном числе $j \in \{1, \dots, L\}$ определяют доверительные интервалы $[z_j^m - d_j^m; z_j^m + d_j^m]$ для коэффициентов корреляции

$$\rho_j = \frac{K_X(m\Delta t, (m+j)\Delta t)}{K_X(m\Delta t, m\Delta t)}.$$

Здесь

$$\begin{cases} z_j^m - d_j^m = \text{th}\left(\text{th}^{-1}(\rho_j^m) + \frac{\rho_j^m}{2(n-1)} - \frac{u_{\frac{P+1}{2}}}{\sqrt{n-3}}\right), \\ z_j^m + d_j^m = \text{th}\left(\text{th}^{-1}(\rho_j^m) + \frac{\rho_j^m}{2(n-1)} + \frac{u_{\frac{P+1}{2}}}{\sqrt{n-3}}\right). \end{cases} \quad (11)$$

Здесь $\text{th}(x)$ – гиперболический тангенс, $u_{\frac{P+1}{2}}$ – квантиль стандартного нормального распределения, отвечающая вероятности $\frac{P+1}{2}$ [15].

Для любого значения j каждый из интервалов (11) содержит в себе точку ρ_j , не зависящую от m . Обозначим $s_j = \max_{0 \leq m \leq N-n+1} 2d_j^m$. Поскольку точка ρ_j находится в каждом из промежутков (11), то правый конец любого промежутка (11) не превышает $\rho_j + s_j$. Следовательно, $\max_{0 \leq m \leq N-n+1} (z_j^m + d_j^m) \leq \rho_j + s_j$.

Аналогично, левый конец любого промежутка (11) не меньше, чем $\rho_j - s_j$. Следовательно, $\min_{0 \leq m \leq N-n+1} (z_j^m - d_j^m) \geq \rho_j - s_j$.

Отсюда можно сделать следующий вывод. Гипотеза о стационарности функции $K_X(t_1, t_2)$ подтверждается, если выполнено условие

$$\max_{0 \leq m \leq N-n+1} (z_j^m + d_j^m) - \min_{0 \leq m \leq N-n+1} (z_j^m - d_j^m) \leq 2 \cdot \max_{0 \leq m \leq N-n+1} 2d_j^m. \quad (12)$$

Если для хотя бы одного значения j неравенство (12) ложно, то АКФ $K_X(t_1, t_2)$ нельзя считать стационарной.

Если (12) верно, но левая часть (12) близка к правой, то мы попадаем в «серую зону», для которой трудно извлечь определенное суждение.

Заметим, что результаты применения алгоритмов, описанных в пунктах **1с** и **2с**, не зависят от выбора реализации $x(t)$ слабо стационарного процесса, так как отношение $\frac{\delta}{\varepsilon}$ и автоковариация c_j^m при этом не меняются.

Рассмотрим модельный пример слабо стационарного процесса. Даны случайная величина Z , равномерно распределенная на отрезке $[0; 2\pi]$ и случайный процесс $X_Z(t) = A \sin(\omega t + Z) + B$, где $A \neq 0$, B и $\omega > 0$ – любые константы. Обозначим $f(x)$ плотность

распределения случайной величины Z , тогда:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{2\pi}, & x \in [0, 2\pi], \\ 0, & x \notin [0, 2\pi], \end{cases}$$

$$E(X_Z(t)) = \int_{-\infty}^{+\infty} (A \sin(\omega t + z) + B) f(z) dz = B, \quad (13)$$

$$K_{X_Z}(t_1, t_2) = \int_{-\infty}^{+\infty} A \sin(\omega t_1 + z) A \sin(\omega t_2 + z) f(z) dz = \frac{A^2}{2} \cdot \cos(\omega(t_2 - t_1)). \quad (14)$$

Из соотношений (13) и (14) видно, что данный процесс слабо стационарен и $k_{X_Z}(\tau) = A^2/2 \cdot \cos(\omega\tau)$.

Пусть $A = 1$, $B = 2$ и $\omega = 0.4$. Зафиксируем реализацию $x(t)$ данного процесса, которой отвечает значение $z = 0$. Тогда $x(t) = \sin(0.4t) + 2$. Рассмотрим временной ряд x_i , являющийся дискретизацией функции $x(t)$, где $i = 0, 1, \dots, 89$ и $\Delta t = 1$. Среднее значение уровней ряда $\bar{x} = 2.036$, стандартное отклонение $\sigma = 0.7$. В данном случае $N + 1 = 90$, поэтому положим $n = 45$. Пусть $P = 0.95$. Оценим относительную погрешность $\frac{|\bar{x} - \bar{x}_s|}{|\bar{x}|}$ согласно (9) и получим:

$$\varepsilon = t_{0.975} \cdot \frac{\sigma}{2.036\sqrt{45}} = 0.1,$$

где $t_{0.975}$ – квантиль распределения Стьюдента с 44 степенями свободы. Согласно (10) $\delta = 0.04$. Поскольку $0.04 < \varepsilon$, то стационарность среднего $m_X(t)$ убедительно подтверждается по методу 1с. При $N = 89$ и $n = 45$ при каждом $j = 1, 2, \dots, 11$ вычислим левые и правые

Таблица 1: Проверка стационарности АКФ гармонического процесса $X_Z(t)$.

Table 1. Checking the stationarity of the ACF of $X_Z(t)$ harmonic process.

j	Левая часть (12)	Правая часть (12)	Разница в %
1	0.445	0.43	3.5
2	0.516	0.497	3.8
3	0.021	0.017	23.5
4	0.364	0.352	3.4
5	0.571	0.548	4.2
6	0.066	0.058	13.8
7	0.278	0.269	3.3
8	0.606	0.578	4.8
9	0.133	0.119	11.8
10	0.189	0.185	2.2
11	0.618	0.587	5.3

части неравенств (12). Значение 23,5% при $j = 3$ является статистическим выбросом, который обусловлен погрешностью вычисления в (10) значения функции $\text{th}^{-1}(\cdot)$ в точке ρ_j^m близкой к ± 1 (граница области определения $\text{th}^{-1}(\cdot)$).

Из таблицы 3 видно, что стационарность АКФ $K_{X_Z}(t_1, t_2)$ убедительно подтверждается по методу **2с**.

Таблица 2: Проверка стационарности АКФ процесса $X_Z(t)$ с переменной частотой.

Table 2. Checking the stationarity of the ACF of $X_Z(t)$ process with a variable frequency.

j	Левая часть (12)	Правая часть (12)	Разница в %
1	0.98	0.587	67
2	0.898	0.587	53
3	0,93	0.587	58.4
4	0.761	0.587	29.6
5	0.77	0.587	31.2
6	0.953	0.587	62.4
7	0.891	0.587	51.8
8	1.04	0.587	77.2
9	0.781	0.587	33
10	0.829	0.566	46.5
11	1.274	0.587	117

Теперь рассмотрим примеры, в которых методы **1с** и **2с** дают отрицательные результаты. Добавим к случайному процессу $X_Z(t)$ тренд $t/5$.

Оценка ε относительной погрешности $|\bar{x} - \bar{x}_s|/|\bar{x}|$ не изменится, т.к. перед ее вычислением по формуле (9) мы должны будем удалить (добавленный) тренд. Итак, принимаем $\varepsilon = 0.1$ и $P = 0.95$.

Максимальная относительная погрешность δ (10) равна 0.41. Поскольку $0.41 \gg \varepsilon$, нестационарность среднего $m_X(t)$ подтверждается по методу **1с**.

Теперь сделаем частоту ω в случайном процессе $X_Z(t)$ зависящей от времени, так что $\omega = 2 + \sin(t)$. Вычисляя АКФ аналогично (14), получим для $K_{X_Z}(t_1, t_2)$ выражение

$$\frac{A^2}{4\pi} \cdot \int_0^{2\pi} \left(\cos(\omega_2 t_2 - \omega_1 t_1) - \cos(\omega_2 t_2 + \omega_1 t_1 + 2z) \right) dz = \frac{A^2}{2} \cdot \cos(\omega_2 t_2 - \omega_1 t_1).$$

Очевидно, что автоковариационная функция $K_{X_Z}(t_1, t_2)$ не является стационарной. Рассмотрим реализацию $x(t) = \sin((2 + \sin(t)) \cdot t) + 2$. При $N = 89$ и $n = 45$ вычислим при каждом $j = 1, 2, \dots, 11$ левые и правые части неравенств (12).

Как видно из таблицы 2, неравенство (12) нарушается при $j = 11$ (левая часть в 2.17 раза больше правой).

Значения $j = 1, 6, 8$ попадают «в серую зону», но свидетельствуют скорее о нестационарности АКФ, чем о ее стационарности. Таким образом, нестационарность автоковариационной функции $K_{X_Z}(t_1, t_2)$ подтверждается по методу **2с**.

Значения 0.587 в таблице 2 получаются, как длины промежутков (11), вычисленные при близости к нулю выборочных коэффициентов корреляции ρ_j^m , пренебрегая слагаемыми $\frac{\rho_j^m}{2(n-1)} = \frac{\rho_j^m}{88}$. Результат соответствует слабой автокорреляции процесса:

$$2 \cdot d_j^m \approx 2 \cdot \text{th} \left(\frac{u_{P+1}}{\sqrt{n-3}} \right) = 2 \cdot \text{th} \left(\frac{u_{0.975}}{\sqrt{42}} \right) = 2 \cdot \text{th} \left(\frac{1.96}{\sqrt{42}} \right) \approx 0.587.$$

Таблица 3: Проверка стационарности АКФ для котировок акций «Инарктики».

Table 3. Checking the stationarity of the ACF for «Inarktika» stock quotes.

j	Левая часть (12)	Правая часть (12)	Разница в %
1	0.467	0.365	27.9
2	0.715	0.522	37
3	0.768	0.57	34.7
4	0.776	0.586	32.4
5	0.813	0.587	38.5
6	0.832	0.587	41.7
7	0.733	0.567	29.3
8	0.674	0.529	27.4
9	0.684	0.513	33.3
10	0.707	0.489	44.6
11	0.641	0.462	38.7

Применим описанный выше метод проверки случайного процесса на слабую стационарность к временному ряду котировок акций компании «Инарктика» (Рис. 1).

Для того, чтобы сделать пример более выразительным, повысим вариативность ряда, отсчитывая котировки акций от уровня минимальной доходности в 597 руб. Последняя при этом будет равна нулю. Среднее значение уровней ряда $\bar{x} = 13.67$, стандартное отклонение $\sigma = 6.8$.

В данном случае примем $N + 1 = 90$, $n = 45$, $P = 0.95$. Оценивая погрешность $\frac{|\bar{x} - \bar{x}_s|}{|\bar{x}|}$ по формулам (9), (10) находим $\varepsilon = t_{0.975} \cdot \frac{\sigma}{\bar{x}\sqrt{45}} = 0.15$, $t_{0.975} \approx 2$, $\delta = 0.128$. Поскольку $0.128 < \varepsilon$, то стационарность среднего $m_X(t)$ подтверждена по методу **1с**.

Вычислим при каждом $j = 1, 2, \dots, 11$ левые и правые части неравенств (12). Из таблицы 3 видно, что левые части всех неравенств (12) незначительно превосходят правые.

Это означает, что стационарность АКФ $K_X(t_1, t_2)$ подтверждена по методу **2с**. Исходя из вышесказанного можно утверждать, что временной ряд котировок акций компании «Инарктика» соответствует слабо стационарному СП.

2. Слабая эргодичность

В соответствии с формулой (6), которая является аппроксимацией для формул (2) и (4), среднее значение m_X слабо стационарного процесса $X(t)$ вычисляется по одной единственной его реализации $x(t)$, представленной временным рядом x_i .

По формуле (7), которая является аппроксимацией для формул (3) и (5), автоковариационная функция $k_X(\tau)$ также вычисляется по единственной реализации $x(t)$. Аналогичное утверждение справедливо для формулы (8).

Таким образом, формулы (6) – (8) проявляют слабую эргодичность случайных процессов.

Если процесс является слабо стационарным, то для проверки его слабой эргодичности следует проверить выполнение условия эргодичности по математическому ожиданию **1э** и условия эргодичности по ковариационной/корреляционной функции **2э** [3].

Прежде, чем проверять процесс $X(t)$ на слабую эргодичность, необходимо проверить его на слабую стационарность. Если последняя имеет место, то необходимое и достаточное

условие для свойства **1э** выглядит следующим образом [16]

$$\lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left(1 - \frac{\tau}{T}\right) k_X(\tau) = 0. \quad (15)$$

Здесь подразумевается сходимость по вероятности.

Проверим, что рассмотренный выше процесс $X_Z(t)$ является слабо эргодическим. Из соотношения (14) следует

$$k_{X_Z}(\tau) = \frac{A^2}{2} \cdot \cos(\omega\tau)$$

Подстановка выражение для $k_{X_Z}(\tau)$ в соотношение (15) непосредственно подтверждает условие **1э**.

Свойство **2э** проверяем непосредственно.

Для любой реализации $x(t)$ данного процесса, которой отвечает некоторое значение $z \in [0; 2\pi]$, имеем $x(t) = A \sin(\omega t + z) + B$ и $m_X = B$. Тогда

$$\begin{aligned} \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T (x(t) - B)(x(t + \tau) - B) dt &= \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{A^2}{T} \cdot \int_0^T \sin(\omega t + z) \sin(\omega(t + \tau) + z) dt = \\ &= \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{A^2}{2T} \cdot \int_0^T \left(\cos(\omega\tau) - \cos(\omega(2t + \tau) + 2z) \right) dt = \frac{A^2}{2} \cdot \cos(\omega\tau). \end{aligned}$$

Из формулы (14) следует, что полученное выражение совпадает с АКФ $k_{X_Z}(\tau)$ и случайный процесс $X_Z(t)$ является слабо эргодическим.

Свойство **2э** эквивалентно эргодичности по математическому ожиданию процесса

$$Y_\tau(t) = (X(t) - m_X) \cdot (X(t + \tau) - m_X),$$

рассматриваемого при произвольном значении параметра $\tau \geq 0$ [1].

В самом деле, пусть процесс $Y_\tau(t)$ эргодичен по математическому ожиданию. Тогда он стационарен по математическому ожиданию и

$$\forall t_0 \geq 0 \quad E(Y_\tau(t_0)) = \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T y_\tau(t) dt, \quad (16)$$

где $y_\tau(t) = (x(t) - m_X) \cdot (x(t + \tau) - m_X)$ есть реализация процесса $Y_\tau(t)$. Уравнение (16) равносильно соотношению

$$K_X(t_0, t_0 + \tau) = \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T (x(t) - m_X) \cdot (x(t + \tau) - m_X) dt. \quad (17)$$

Поскольку правая часть уравнения (17) не зависит от параметра t_0 , то имеет место равенство $K_X(t_0, t_0 + \tau) = k_X(\tau)$, подтверждающее эргодичность процесса $X(t)$ по АКФ.

Справедливо и обратное рассуждение.

Проверим условие (15) по данным из временного ряда x_i , который пока будем считать бесконечным. При $T = L \cdot \Delta t$ уравнение (15) запишется в виде

$$\lim_{L \rightarrow +\infty} \frac{1}{L} \cdot \sum_{j=0}^L \left(1 - \frac{j}{L}\right) \cdot c_j = 0, \quad (18)$$

где $c_j = k_X(j\Delta t)$ – автоковариация ряда $x_i = x(t_i)$, вычисленная по формуле (5). Реальный временной ряд оканчивается членом x_N . Выберем любую последовательность номеров $1 \leq q_1 < q_2 < \dots < q_m = L$, где $L \ll N$ и для каждого $s \in \{1, 2, \dots, m\}$ вычислим

$$A_s = \frac{1}{q_s} \cdot \sum_{j=0}^{q_s} \left(1 - \frac{j}{q_s}\right) \cdot c_j.$$

Значения c_j найдем по приближенной формуле (7). Если по динамике чисел A_s при возрастании номера s видно, что они являются членами сходящейся к нулю последовательности, то этим подтверждается равенство (18), а значит и условие (15).

Применительно к гармоническому процессу $X_Z(t)$ с реализацией $x(t) = \sin(0.4t) + 2$ этот метод убедительно подтверждает эргодичность по математическому ожиданию. Расчет производился до значения $L = 10000$ при $q_s = s$, $m = L$ и $N = 100000$.

Как проверить свойство **2э**? Предположим, что случайный процесс $X(t)$ является слабо эргодическим, а каждый процесс $Y_\tau(t)$ является слабо стационарным. Тогда для каждого $\tau \geq 0$ процесс $Y_\tau(t)$ имеет свойство **1э** и, согласно (15), справедливо (19)

$$\lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left(1 - \frac{\theta}{T}\right) \cdot k_{Y_\tau}(\theta) d\theta = 0. \quad (19)$$

Однако, проверить условие (19) весьма сложно. Для того, чтобы вычислить АКФ $k_{Y_\tau}(\theta)$ по одной реализации $y_\tau(t)$ необходимо, чтобы процесс $Y_\tau(t)$ был слабо эргодическим.

Если последнее известно, то проверять (19) нет необходимости. Проверка слабой эргодичности для каждого $Y_\tau(t)$ представляется более сложной задачей, чем проверка условия (19). Но если подтверждена слабая стационарность процесса $Y_\tau(t)$, то можно *предположить* его слабую эргодичность, после чего проверить (19) следующим образом.

Обозначим T_{max} длину временного периода, на котором рассматривается реальный

временной ряд $x_i = x(i\Delta t)$, $i = 0, 1, \dots, N$ и $T_{max} = N\Delta t$. Тогда

$$\begin{aligned} k_{Y_\tau}(\theta) &= \lim_{T \rightarrow +\infty} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T (y_\tau(t) - m_{Y_\tau}) \cdot (y_\tau(t + \theta) - m_{Y_\tau}) dt \approx \\ &\approx \frac{1}{T_{max} - \theta} \cdot \int_0^{T_{max} - \theta} (y_\tau(t) - m_{Y_\tau}) \cdot (y_\tau(t + \theta) - m_{Y_\tau}) dt, \\ m_{Y_\tau} &\approx \frac{1}{T_{max} - \tau} \cdot \int_0^{T_{max} - \tau} (x(t) - m_X) \cdot (x(t + \tau) - m_X) dt. \end{aligned}$$

Дискретизируя при $\theta = l \cdot \Delta t$, $l = 0, 1, \dots, N$, $\tau = k \cdot \Delta t$, $k = 0, 1, \dots, L \ll N$, получим:

$$\begin{aligned} k_{Y_\tau}(l \cdot \Delta t) &\approx \frac{1}{N - l + 1} \cdot \sum_{i=0}^{N-l} \left(y_\tau(i\Delta t) - \bar{y}_\tau \right) \cdot \left(y_\tau((i+l)\Delta t) - \bar{y}_\tau \right), \\ y_\tau(i \cdot \Delta t) &= \left(x_i - \bar{x} \right) \cdot \left(x_{i+k} - \bar{x} \right), \quad y_\tau((i+l) \cdot \Delta t) = \left(x_{i+l} - \bar{x} \right) \cdot \left(x_{i+k+l} - \bar{x} \right), \\ m_{Y_\tau} = \bar{y}_\tau &\approx \frac{1}{N - k + 1} \cdot \sum_{i=0}^{N-k} \left(x_i - \bar{x} \right) \cdot \left(x_{i+k} - \bar{x} \right), \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^N x_i}{N + 1} \end{aligned}$$

Считая временной ряд бесконечным запишем (19) в дискретизированном виде

$$\lim_{q \rightarrow +\infty} \frac{1}{q} \cdot \sum_{l=0}^q \left(1 - \frac{l}{q} \right) \cdot k_{Y_\tau}(l \cdot \Delta t) = 0. \quad (20)$$

Выберем любую последовательность номеров $1 \leq q_1 < q_2 < \dots < q_m = L$ и для каждого $s \in \{1, 2, \dots, m\}$ вычислим

$$B_s = \frac{1}{q_s} \cdot \sum_{l=0}^{q_s} \left(1 - \frac{l}{q_s} \right) \cdot k_{Y_\tau}(l\Delta t).$$

Если по динамике чисел B_s при возрастании номера s видно, что они являются членами сходящейся к нулю последовательности, то этим подтверждается равенство (20), а значит и условие (18).

Важно заметить следующее. Поскольку мы предполагали слабую эргодичность всех процессов $Y_\tau(t)$, не имея этому подтверждений кроме слабой стационарности, отсутствие видимой сходимости к нулю последовательности B_s нельзя интерпретировать, как свидетельство неэргодичности процесса $X(t)$ по автоковариационной функции. При этом отсутствие видимой сходимости к нулю последовательности A_s можно интерпретировать, как доказательство неэргодичности процесса $X(t)$ по среднему значению. В последнем случае

проверка на эргодичность по АКФ становится излишней.

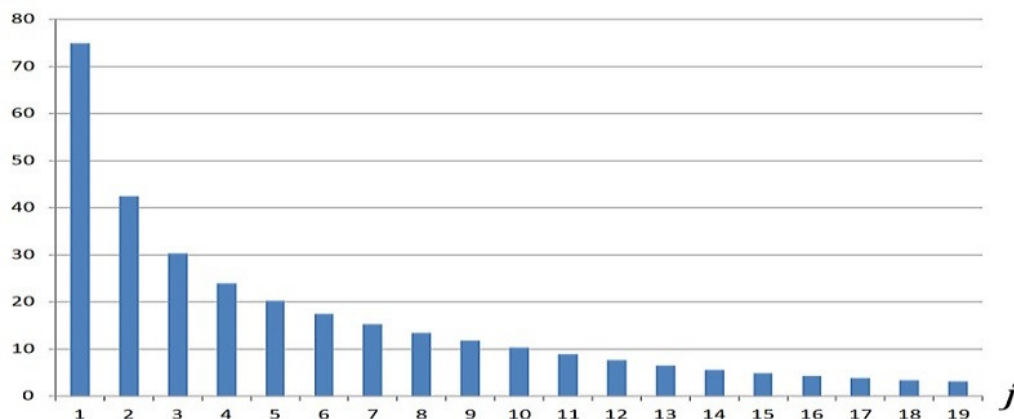


Рис. 2: Сходимость к нулю последовательности A_s для котировок акций «Инарктики».

Fig.2: Convergence to zero of the sequence A_s for «Inarktika» stock quotes.

Проверим свойства **1э** и **2э** для временного ряда акций компании «Инарктика» (Рис. 1). Здесь $N = 89$ (т.е. 90 уровней ряда), $m = L = 20$, $q_s = s$. Последовательность A_s изображена на диаграмме (рис. 2). Визуально наблюдается стремление к нулю. Последовательность B_s визуальнo сходится к нулю значительно быстрее, чем A_s . Таким образом, случайный процесс котировок акций компании «Инарктика» можно считать слабо эргодическим.

Заключение

1. Представлен новый метод проверки слабой стационарности случайного процесса (СП) по его временному ряду.
2. Установлено, что статистические тесты ADF, KPSS и PP для проверки нулевой гипотезы о стационарности могут применяться в качестве дополнений к описанному методу.
3. Обоснована необходимость проверки слабой эргодичности всякого СП, который изучается по временному ряду.
4. Практическая значимость представленного метода опробована на модельном примере слабо эргодического случайного процесса и временном ряде котировок акций компании «Инарктика».

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. – 10-е издание, стер. – М.: Высшая школа, 2004. – 479 с. ISBN: 5-06-004214-6. URL: <https://djuv.online/file/Et3ojjv11GASL>.

2. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник. – М.: Издательство «Финансы и статистика», 2012. – 320 с. ISBN: 978-5279-03400-0. EDN: SUMOIH.
3. Баврина А.П., Борисов И.Б. Современные правила применения корреляционного анализа // Медицинский альманах. – 2021. – № 3 (68). – С. 70–79. EDN: TPSSIX.
4. Любушин А.А., Фарков Ю.А. Синхронные компоненты финансовых временных рядов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2017. – Т. 9. – № 4. – С. 639–655. EDN: ZGWIHV.
5. Domowitz I., El-Gamal M.A. A consistent nonparametric test of ergodicity for time series with applications // Journal of Econometrics. – 2001. – Vol. 102. (2). – pp. 365–398. DOI: 10.1016/S0304-4076(01)00058-6.
6. Hongrui Wang, Cheng Wang, Yan Zhao, Xin Lin. Toward practical approaches for ergodicity analysis // Theoretical and Applied Climatology. – 2019. – Vol. 138. – pp. 1435–1444. DOI: 10.1007/s00704-019-02857-1.
7. Morvai G., Weiss B. Forward estimation for ergodic time series // Annales de l'Institut Henri Poincaré (B) Probability and Statistics. – 2005. – Vol. 41. – no. 5. – pp. 859–870. DOI: 10.1016/j.anihpb.2004.07.002.
8. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – 2-е издание, переработка и дополнение – М.: Наука, 1968. – 464 с.
9. Айвазян А.С. Мхитарян В.С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. – 2-е издание, исправление. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2001. – 432 с. ISBN: 5-238-00304-8.
10. Кендалл М., Стюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. пер. с англ. Э.Л. Пресмана, В.И. Ротаря. М.: Наука, 1976. – 736 с.
11. Dickey D.A., Fuller W.A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root // Journal of the American Statistical Association. – 1979. – Vol. 74. – no. 366. – pp. 427–431. DOI: 10.2307/2286348
12. Kwiatkowski D., Phillips P.C.B., Schmidt P., Shin Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? // Journal of Econometrics. – 1992. – Vol. 54. – no. 1–3. – pp. 159–178. DOI: 10.1016/0304-4076(92)90104-Y.
13. График котировок акций компании Инарктика PAO (AQUA). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.investing.com/equities/russian-sea-group-chart>. (дата обращения: 18.06.2024)
14. Yule G.U. Why Do We Sometimes Get Nonsense-Correlations Between Time-Series? A Study in Sampling and the Nature of Time-Series // Journal of the Royal Statistical Society. – 1926. – Vol. 89. – no. 1. – pp. 1–64. DOI: 10.2307/2341482.
15. Фёрстер Э., Рёнц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов. пер. с нем. и предисловие В.М. Ивановой. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 304 с. URL: <https://ru.djvu.online/file/Z707HN5UwQ60F>.
16. Мальцев А.А., Артюхин И.В., Болховская О.В., Домбровский Е.А., Клюев А.В., Флакман А.Г. Основы теории случайных процессов для радиофизиков: учебно-методические материалы. – Нижний Новгород: НГУ, 2014. – 78 с.
17. Gimeno R., Manchado B., Minguez R. Stationarity tests for financial time series // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Elsevier. – 1999. – Vol. 269. – no. 1. – pp. 72–78. DOI: 10.1016/S0378-4371(99)00081-3.

On the ergodicity of economic processes represented by time series

D. B. Zot'ev, D. I. Chernyshova

Novosibirsk State University of Economics and Management, 56, Kamenskaya st.,
Novosibirsk, 630099, Russia.

Abstract

The article presents a method for testing the weak stationarity of a random process by means of its time series, which comes down to calculating the mean and the autocorrelation function over segments of the original series. Novelty of the presented procedures consists in estimating the stationarity of these values. The well-known theoretical criterion of ergodicity of a random process is adapted for practical application. The presented methods have been tested on a model example of a weakly ergodic random process and on a time series of the stock quotes of «Inarktika» company.

Keywords: ergodic process; stationary random process; correlation analysis; autocorrelation function; autocovariance function; correlation function; correlation coefficient; false correlation; time series; random function.

Received: Tuesday 15th October, 2024 / Revised: Thursday 14th November, 2024 /
Accepted: Saturday 14th December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Gmurman V.E. Probability Theory and Mathematical Statistics: Textbook. – 10th edition, reprinted. – Moscow: Higher School, 2004. – 479 p. ISBN: 5-06-004214-6. URL: <https://djvu.online/file/Et3ojjv11GASL>. (In Russ.)
2. Afanasyev V.N., Yuzbashev M.M. Time series analysis and forecasting: textbook. – Moscow: Finance and Statistics Publishing House, 2012. – 320 p. ISBN: 978-5-279-03400-0. EDN: SUMOIH. (In Russ.)

Mathematical Statistical and Instrumental Methods of Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

© The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Zot'ev D. B., Chernyshova D. I. On the ergodicity of economic processes represented by time series, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 45–62. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-45-62> (In Russian).

Authors' Details:

Dmitry B. Zot'ev  <http://orcid.org/0000-0002-8472-6460>

Doctor of Sciences of Physics and Mathematics, Professor of the Department of Mathematics and Natural Sciences; e-mail: zotev@inbox.ru

Daria I. Chernyshova  <http://orcid.org/0009-0001-4455-2566>

The third year Student of the Faculty of Digital Technologies; e-mail: beyourself20@mail.ru

3. Bavrina A.P., Borisov I.B. Modern rules for the application of correlation analysis // *Medical almanac*. – 2021. – No. 3 (68). – pp. 70–79. EDN: TPSSIX. (In Russ.)
4. Lyubushin A.A., Farkov Yu.A. Synchronous components of financial time series // *Computer research and modeling*. – 2017. – Vol. 9. – No. 4. – pp. 639–655. EDN: ZGWIHV. (In Russ.)
5. Domowitz I., El-Gamal M.A. A consistent nonparametric test of ergodicity for time series with applications // *Journal of Econometrics*. – 2001. – Vol. 102. (2). – pp. 365–398. DOI: 10.1016/S0304-4076(01)00058-6.
6. Hongrui Wang, Cheng Wang, Yan Zhao, Xin Lin. Toward practical approaches for ergodicity analysis // *Theoretical and Applied Climatology*. – 2019. – Vol. 138. – pp. 1435–1444. DOI: 10.1007/s00704-019-02857-1.
7. Morvai G., Weiss B. Forward estimation for ergodic time series // *Annales de l'Institut Henri Poincaré (B) Probability and Statistics*. – 2005. – Vol. 41. – No. 5. – pp. 859–870. DOI: 10.1016/j.anihpb.2004.07.002.
8. Sveshnikov A.A. Applied methods of the theory of random functions. – 2nd edition, revised and supplemented. – Moscow: Nauka, 1968. – 464 p. (In Russ.)
9. Ayvazyan A.S. Mkhitaryan V.S. Applied statistics. Fundamentals of econometrics. – 2nd edition, corrected. – Moscow: UNITY–DANA, 2001. – 432 p. ISBN: 5-238-00304-8. (In Russ.)
10. Kendall M., Stewart A. Multivariate Statistical Analysis and Time Series. Translated from English by E.L. Presman, V.I. Rotar. – Moscow: Nauka, 1976. – 736 p. (In Russ.)
11. Dickey D.A., Fuller W.A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root // *Journal of the American Statistical Association*. – 1979. – Vol. 74. – No. 366. – pp. 427–431. DOI: 10.2307/2286348.
12. Kwiatkowski D., Phillips P.C.B., Schmidt P., Shin Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? // *Journal of Econometrics*. – 1992. – Vol. 54. – No. 1-3. – pp. 159–178. DOI: 10.1016/0304-4076(92)90104-Y.
13. Stock quote chart of Inarctica PAO (AQUA). [Electronic resource]. Access mode: <https://ru.investing.com/equities/russian-sea-group-chart>. (accessed: 18.06.2024). (In Russ.)
14. Yule G.U. Why Do We Sometimes Get Nonsense-Correlations Between Time-Series? A Study in Sampling and the Nature of Time-Series // *Journal of the Royal Statistical Society*. – 1926. – Vol. 89. – No. 1. – pp. 1–64. DOI: 10.2307/2341482.
15. Forster E., Renz B. Methods of Correlation and Regression Analysis. Handbook for Economists. trans. from Germ. and foreword by V.M. Ivanova. – Moscow: Finance and Statistics, 1983. – 304 p. URL: <https://ru.djvu.online/file/Z707HN5UwQ60F>. (In Russ.)
16. Maltsev A.A., Artyukhin I.V., Bolkhovskaya O.V., Dombrovsky E.A., Klyuev A.V., Flaksman A.G. Fundamentals of the theory of random processes for radiophysicists: educational and methodological materials. – Nizhny Novgorod: NSU, 2014. – 78 p. (In Russ.)
17. Gimeno R., Machado B., Minguez R. Stationarity tests for financial time series // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier. – 1999. – Vol. 269. – No. 1. – pp. 72–78. DOI: 10.1016/S0378-4371(99)00081-3.

УДК 332.142.6

Проектирование информационной системы для предприятия общественного питания с учетом внедрения системы стимулирования персонала службы доставки

К. Ю. Орлова, А. В. Петрова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

В работе описан процесс проектирования и алгоритм работы информационной системы оптимизации деятельности предприятия общественного питания, а также результаты ее применения для расчета эффективности инвестиций и выбора стратегии развития предприятия. Описана специфика и приведена модель для расчета экономических показателей предлагаемых стратегий – инновационной и консервативной. Особое внимание уделено системе стимулирования работников службы доставки в рамках инновационной стратегии. Полученные результаты позволили выбрать инновационную стратегию развития.

Ключевые слова: инвестиционный проект; предприятие общественного питания; система стимулирования персонала; совершенствование бизнес-процессов; стратегия развития предприятия; эффективность службы доставки.

Получение: 30 сентября 2024 г. / Исправление: 30 октября 2024 г. /
Принятие: 29 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Математические статистические и инструментальные методы экономики (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Ⓙ © ⓘ Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Орлова К. Ю., Петрова А. В. Проектирование информационной системы для предприятия общественного питания с учетом внедрения системы стимулирования персонала службы доставки // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 63–75. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-63-75>.

Сведения об авторах:

Кристина Юрьевна Орлова  <http://orcid.org/0000-0002-8676-1032>

кандидат экономических наук; доцент кафедры математических методов в экономике;
e-mail: orlova.kyu@ssau.ru

Анастасия Владимировна Петрова  <http://orcid.org/0009-0008-4337-3006>

обучающийся магистратуры института экономики и управления; e-mail: anastasiasww@gmail.com

Введение

На данный момент сектор общественного питания переживает существенные перемены, которые вызваны совершенствованием технологий и изменением потребительского поведения. Интернет-сервисы по доставке еды, такие как Delivery Club, Яндекс Еда, Самокат, приобрели большую популярность, вместе с тем предприятия общественного питания сталкиваются с необходимостью оптимизации своих бизнес-процессов по доставке еды и поиска конкурентных преимуществ. Разработка информационных систем по повышению эффективности деятельности предприятия имеет перспективы в сфере автоматизации, позволит увеличить эффективность бизнес-процессов и поможет определить наиболее эффективные стратегии развития бизнеса [1]. В этом состоит актуальность представленного исследования.

Целью исследования стала разработка информационной системы по анализу рентабельности инвестиций, которая позволит выбрать лучшую стратегию развития бизнеса.

Разработанная информационная система позволяет оптимизировать скорость и эффективность принятия решений по инвестированию в проекты на основе расчета экономических величин. На практике данная система позволяет экономить средства на использовании сторонних сервисов по доставке продуктов и готовых блюд и, как следствие, увеличивать прибыль предприятия. Результаты данного исследования могут способствовать развитию бизнеса, а также найти применение в дальнейших исследованиях для развития практических рекомендаций по оптимизации деятельности компаний.

Одна из ключевых задач исследования состоит в проектировании системы стимулирования персонала службы доставки предприятия. Тема проектирования системы материального стимулирования работников широко представлена в научной литературе [2–6], но вопрос приложения к сфере общественного питания остается не до конца раскрытым. Также тема совершенствования системы доставки и клиентского сервиса были рассмотрены в статьях [1, 7–10]. Данные статьи раскрывают необходимость совершенствования бизнес-процессов внутри предприятий, а также в службе по доставке.

Таким образом, научная новизна исследования представлена следующими аспектами:

- разработана модель системы стимулирования работников службы доставки, учитывающая специфику предлагаемой стратегии развития предприятия общественного питания;
- разработана модель максимизации прибыли предприятия общественного питания с учетом возможных стратегий развития.

Ход исследования

Проектирование и создание информационной системы оптимизации деятельности предприятия общественного питания включало несколько этапов.

1) Анализ действующего бизнес-процесса по покупке и доставке заказов клиентов.

Во время реализации первого этапа были выявлены несколько недостатков существующего бизнес-процесса по доставке заказов с помощью таких сервисов, как Яндекс Еда. Среди важнейших – комиссия около 20% со стоимости заказа, а также некоторые особенности работы алгоритмов сервиса. В зависимости от погодных условий, трафика и праздничных дней Яндекс Еда может полностью ограничить возможность заказа для клиента из определенного кафе, что также приводит к уменьшению количества заказов и потери дополнительной прибыли для предприятия [11].

2) Разработка стратегий по оптимизации действующего бизнес-процесса.

На втором этапе были выдвинуты две стратегии по возможному развитию компании [12]. Первая – консервативная: она подразумевает отсутствие каких-либо изменений в службе доставки, то есть использование сервиса Яндекс Еда, а также продолжение офлайн-продаж в кафе. В данном случае темп роста продаж останется неизменным: 1% для заказов в кафе и 3% в случае доставки. Данные были получены путем анализа имеющейся статистики продаж предприятия, а также путем изучения документации по алгоритмам сервиса Яндекс Еда. Вторая стратегия – инновационная – подразумевает разработку приложения с доставкой, а также применение некоторых методов таргетированной рекламы [13] для продвижения кафе и приложения. В данном случае темпы роста продаж ожидаются на уровне 5% для кафе и 32% для доставки. Эти данные были получены путем анализа опыта применения таргетированной рекламы для повышения спроса на товары и услуги клиентов, а также путем маркетингового исследования среди целевой аудитории кафе с анализом повышения спроса на услуги до и после введения предложенных процессных инноваций.

3) Разработка системы стимулирования персонала для инновационной стратегии.

На третьем этапе проводилась разработка системы стимулирования труда персонала службы доставки.

На предприятии планируется иметь курьеров, имеющих свои собственные средства перемещения (машина, скутер, велосипед). Для повышения качества работы курьеров планируется внедрить ряд стимулирующих мероприятий:

- бесплатный обед в кафе при работе от 5 часов в день;
- скидка размером 20% на всю продукцию кафе;
- выход на работу в выходной день награждается дополнительной выплатой в размере 1 000 рублей.

При этом все дополнительные выплаты не должны превышать 50 000 рублей в месяц на всех курьеров.

Кроме того, планируется внедрение системы стимулирования, важной особенностью которой является повышение ставки часовой оплаты труда курьера в зависимости от количества отработанных часов.

Предлагаемая система стимулирования основана на работе [2], учитывающей удовлетворенность работников их заработной платой в зависимости от количества отработанного времени. Данный метод дает возможность проектировать системы материального стимулирования персонала с заданными критериями эффективности [2].

Целевая функция сотрудника выглядит следующим образом:

$$f_i(t_i) = \sigma_i(t_i) - c_i(t_i),$$

где σ_i – величина заработка i -го исполнителя при выполнении работ объемом t_i , c_i – затраты, которые несет i -й исполнитель при выполнении работ объемом t_i .

Соответственно, при рассмотрении идентичных исполнителей, выполняющих равный объем работ, целевая функция исполнителя примет вид

$$f(t) = \sigma(t) - c(t). \quad (1)$$

В ходе исследования среди курьеров Самары и Самарской области было проведено анкетирование об их удовлетворенности уровнем заработной платой в зависимости от количества отработанных часов. На основании ответа 34 респондентов была получена

таблица 1, которая показывает зависимость минимально требуемой заработной платы от количества отработанных часов.

Таблица 1: Результаты опроса курьеров.

Table 1. Couriers' survey results.

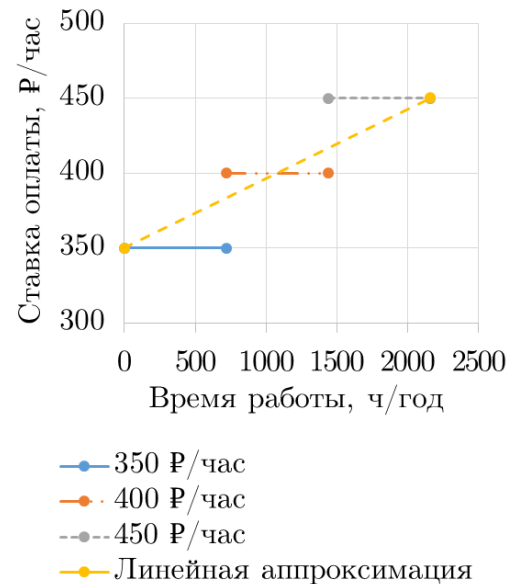
Время работы, часов в месяц	0–60	61–120	121–180
Время работы t , часов в год	0–720	721–1440	1441–2160
Минимально допустимая часовая ставка λ , руб./час	350	400	450

На Рис. 1 показана рассчитанная линейная аппроксимация зависимости результатов опроса минимально допустимой часовой ставки от количества отработанных часов в год

$$\lambda(t) = \omega_0 + \omega_1(t) = 350 + 0.05t. \quad (2)$$

Рис. 1: Графическая интерпретация результатов опроса.

Fig. 1: Graphical interpretation of survey results.



Принимая минимально допустимую часовую ставку исполнителя как эквивалент его часовых затрат, сформулируем функцию издержек исполнителя:

$$c(t) = \lambda t = \omega_0 t + \omega_1 t^2. \quad (3)$$

Если часовая ставка курьера определяется в зависимости от стоимости заказа, величина заработка сотрудника составит

$$\sigma(t) = P^{App} \alpha t, \quad (4)$$

где P^{App} – средний чек на заказ из приложения, α – норматив отчисления на оплату труда курьеров от величины заказа.

Тогда целевая функция курьера определится выражением

$$f(t) = \sigma(t) - c(t) = P^{App}\alpha t - \omega_0 t - \omega_1 t^2. \quad (5)$$

Стратегия работников будет состоять в том, чтобы обеспечить себе желаемую загрузку [2, 14]. Для иллюстрации задачи определения оптимального времени работы для курьера, построим график для заданных значений $P^{App} = 1750$ и $\alpha = 0,25$ (рисунок 2). По резуль-

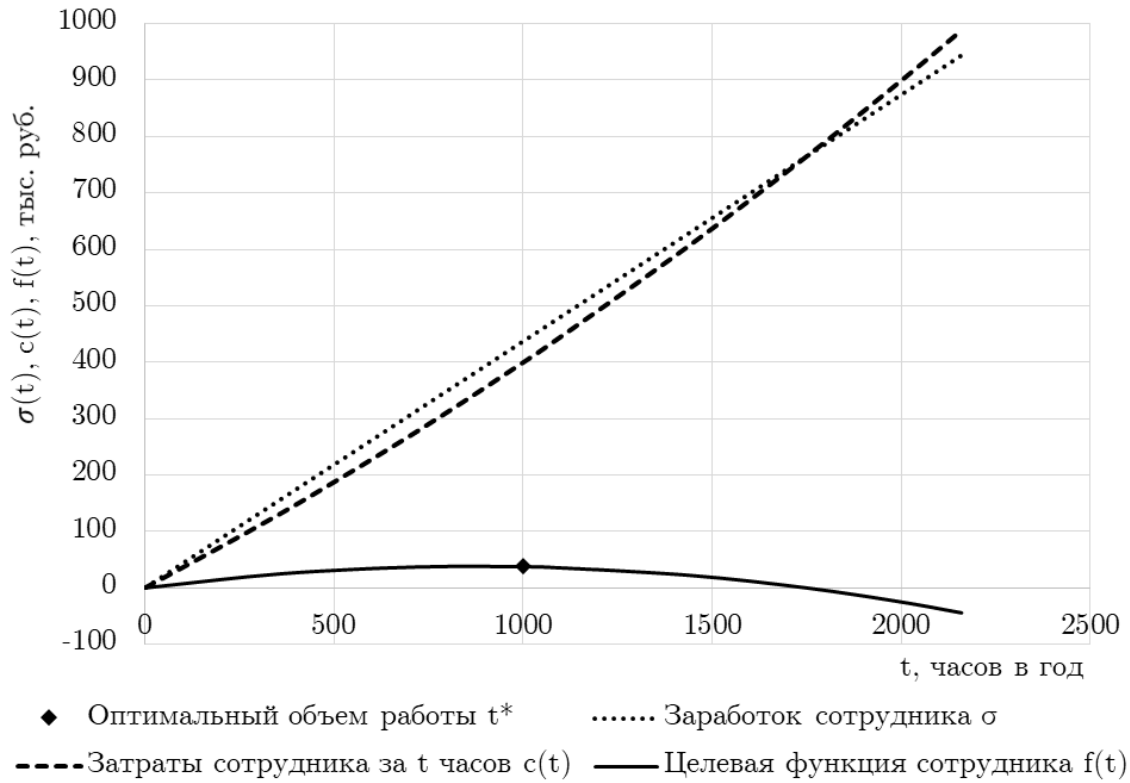


Рис. 2: Графическая интерпретация оптимального времени работы сотрудника.

Fig. 2: Graphical interpretation of an executor's optimal work duration.

татам анализа рисунка 2 видно, что для курьера невыгодно работать много, так как при достижении определенного значения годовой выработки график его издержек начинает опережать график заработка.

Рассчитаем оптимальное для курьера количество часов путем дифференцирования его целевой функции:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial (P^{App}\alpha t - \omega_0 t - \omega_1 t^2)}{\partial t} = 0, \quad (6)$$

$$P^{App}\alpha - \omega_0 - 2\omega_1 t = 0,$$

$$t^* = \frac{P^{App}\alpha - \omega_0}{2\omega_1}. \quad (7)$$

Так, для приведенного выше модельного примера оптимальная продолжительность работы курьера составила бы 1 000 часов в год.

Интересы предприятия и его владельца состоят в максимизации собственной прибыли и минимизации издержек. В качестве цели оптимизации системы стимулирования персонала службы доставки примем минимизацию фонда оплаты труда (ФОТ, $SF - Salary Fund$), т.е. суммы затрат на оплату курьеров, численность которых составляет z .

Ограничение состоит в том, что суммарное значение количества отработанных часов T должно покрывать весь спрос на доставку, т.е. курьеры должны реализовать весь объем заказов из приложения Q^{App} . Если средний норматив времени на выполнение одного заказа составляет n часов, то математическая формализация задачи оптимизации системы стимулирования курьеров примет следующий вид:

$$\begin{cases} SF = \sigma z = zP^{App}\alpha t \rightarrow \min \\ T = zt = Q^{App}n. \end{cases} \quad (8)$$

Из условия выполнения заданного объема заказов и с учетом оптимальной для курьера продолжительности работы, найдем оптимальное для предприятия значение норматива отчисления на оплату труда α [2]:

$$Q^{App}n = zt^* = z \cdot \frac{P^{App}\alpha - \omega_0}{2\omega_1}.$$

$$\alpha^* = \frac{2nQ^{App}\omega_1 + \omega_0z}{zP^{App}} = \frac{2nQ^{App}\omega_1}{zP^{App}} + \frac{\omega_0}{P^{App}}. \quad (9)$$

Учитывая, что величина среднего чека на заказ из приложения составляет $P^{App} = 1\,117$ рублей, количество заказов из приложения $Q^{App} = 841$, норматив времени на один заказ $n = 1$ час, а также что планируется взять на работу одного курьера, получим $\alpha^* = 38\%$. Это значит, что если администрация будет выделять 38% выручки от заказов из приложения на оплату курьерской доставки, сотруднику будет выгодно реализовать все заказы. Также из выражения (9) можно заметить, что при увеличении показателя количества курьеров z уменьшается показатель α . Поэтому в интересах кафе нанимать большее количество сотрудников на более короткий рабочий день.

Если не рассматривать объем заказов как заданную величину, на основе данной модели может быть решена задача определения оптимального объема заказов через приложение, оптимального времени работы сотрудников службы доставки, а также их оптимальной численности.

При проектировании информационной системы оптимизации деятельности предприятия общественного питания затраты на оплату труда курьеров были внесены в общие издержки компании при реализации инновационной стратегии, связанной с внедрением собственной службы доставки.

4) *Анализ издержек, выручки и прибыли предприятия при стратегиях с учетом затрат на фонд оплаты труда и систему мотивации персонала.*

На четвертом этапе были рассчитаны показатели издержек, выручки и прибыли предприятия при реализации предложенных стратегий [15–17], а также проанализирован график прибыли с учетом затрат на ФОТ персонала службы доставки (рисунок 3). Как видно из графика, даже при дополнительных затратах в исследуемый промежуток времени (6

лет) прибыль от инновационной стратегии опережает прибыль при консервативной стратегии, что говорит о том, что данные инвестиции могут быть выгодными.

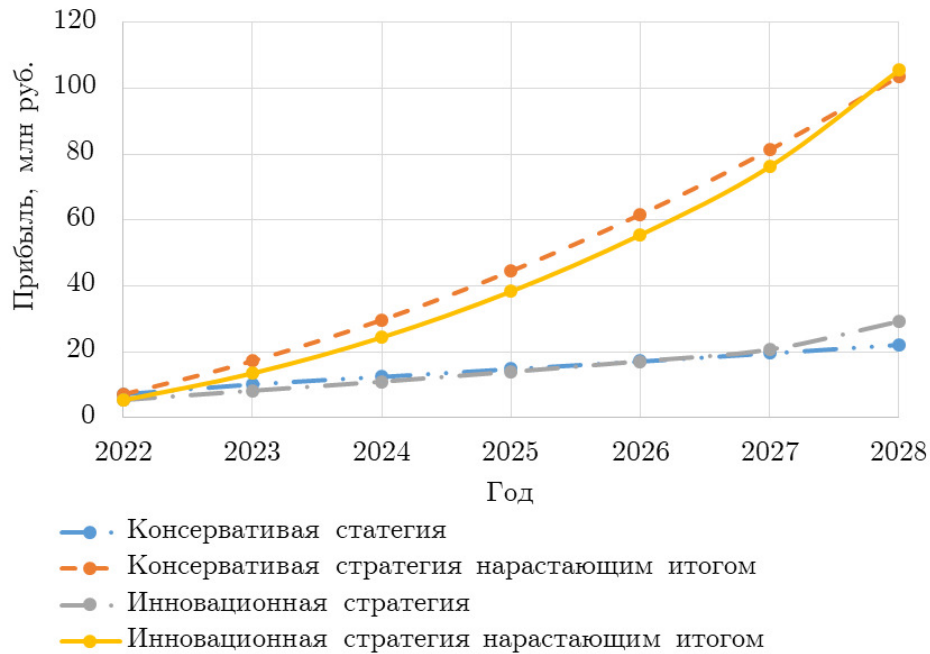


Рис. 3: Значение прибыли при предложенных стратегиях.

Fig. 3: Profit value for offered strategies.

5) *Разработка математической модели по максимизации прибыли предприятия с учетом каждой из стратегий.*

На основании обобщения вышеизложенных фактов и анализа всех показателей, на пятом этапе была сформулирована математическая модель по максимизации прибыли предприятия при оптимизации затрат на ФОТ, а также при начальных инвестициях на создание и продвижение.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \Pi = \max \{ \Pi_1; \Pi_2 \} \rightarrow \max; \\
 \Pi_1 = R_1 - C_1 = R_1^{Cf} - C_1^{Cf} + 0,8 R^Y - C^Y = \\
 \quad = P_1^{Cf} \cdot Q_1^{Cf} - C_1^{Cf} + 0,8 R^Y - C^Y; \\
 \Pi_2 = R_2 - C_2 = R_2^{Cf} - C_2^{Cf} + R^{App} - C^{App} - I = \\
 \quad = P_2^{Cf} \cdot Q_2^{Cf} - C_2^{Cf} + P^{App} \cdot Q^{App} - C^{App} - I; \\
 C^{App} = SF + C^{CD} (Q^{App}) + C^{Adv}.
 \end{array} \right. \quad (10)$$

В модели использованы следующие обозначения:

Π_1 – прибыль предприятия при реализации консервативной стратегии;

Π_2 – прибыль предприятия при реализации инновационной стратегии;

R_1 – доход предприятия при реализации консервативной стратегии;

C_1 – издержки предприятия при реализации консервативной стратегии;
 R_2 – доход предприятия при реализации инновационной стратегии;
 C_2 – издержки предприятия при реализации инновационной стратегии;
 R_1^{Cf} – выручка от обслуживания в кафе при консервативной стратегии;
 C_1^{Cf} – издержки от обслуживания в кафе при консервативной стратегии;
 R^Y – выручка кафе от использования сервиса Яндекс Еда;
 C^Y – издержки кафе от использования сервиса Яндекс Еда;
 P_1^{Cf} – размер среднего чека в кафе при консервативной стратегии;
 Q_1^{Cf} – количество чеков в кафе при консервативной стратегии;
 P^Y – размер среднего чека в сервисе Яндекс Еда;
 Q^Y – количество чеков в сервисе Яндекс Еда;
 R_2^{Cf} – выручка от обслуживания в кафе при инновационной стратегии;
 C_2^{Cf} – издержки от обслуживания в кафе при инновационной стратегии;
 R^{App} – выручка кафе от использования приложения с доставкой;
 C^{App} – издержки кафе от использования приложения с доставкой;
 I – инвестиции на создание приложения;
 P_2^{Cf} – размер среднего чека в кафе при инновационной стратегии;
 Q_2^{Cf} – количество чеков в кафе при инновационной стратегии;
 P^{App} – размер среднего чека в приложении с доставкой;
 Q^{App} – количество чеков в приложении с доставкой;
 SF – фонд оплаты труда курьеров;
 C^{CD} – издержки на производство собственных блюд (*cooked dishes*) для доставки через приложение;
 C^{Adv} – рекламные издержки (*advertizing*) на продвижение приложения.

Данная модель прогнозирует максимальную прибыль при некоторых заданных значениях, а также при минимальных затратах на ФОТ.

Таким образом, была составлена математическая модель, которая решает поставленные задачи по оптимизации издержек и увеличению прибыли кафе при создании собственного приложения с доставкой и оптимизации системы стимулирования для курьеров.

6) *Разработка алгоритмов информационной системы.*

На шестом этапе был разработан алгоритм работы информационной системы (рисунок 4). Внедряемая система – это универсальная программа в виде определенного набора действий, направленная на автоматизацию процесса оценки инвестиций. Программа представляет собой макрокоманду на языке VBA [18].

7) *Сравнение показателей эффективности двух стратегий.*

Сравним полученные показатели расчетов информационной системы (таблица 2).

При сравнении проектов по показателю PV значение у инновационной стратегии ненамного, но больше консервативной, также при сравнении по показателю NPV в инновационной стратегии показатель больше практически на 20 млн рублей. Показатель IRR в случае инновационной стратегии больше ставки дисконтирования, что также говорит, о том, что проект следует принять. Дополнительный эффект от внедрения инноваций по показателю NPV составит 21% в сравнении с консервативной стратегией. Кроме того, выбранный критерий эффективности проекта – отношение NPV проекта к затратам – для инновационной стратегии существенно превысил аналогичный показатель у консервативной стратегии. Данные выводы приводят к тому, что инновационную стратегию следует принять на предприятии для повышения прибыли в течение 6 лет.

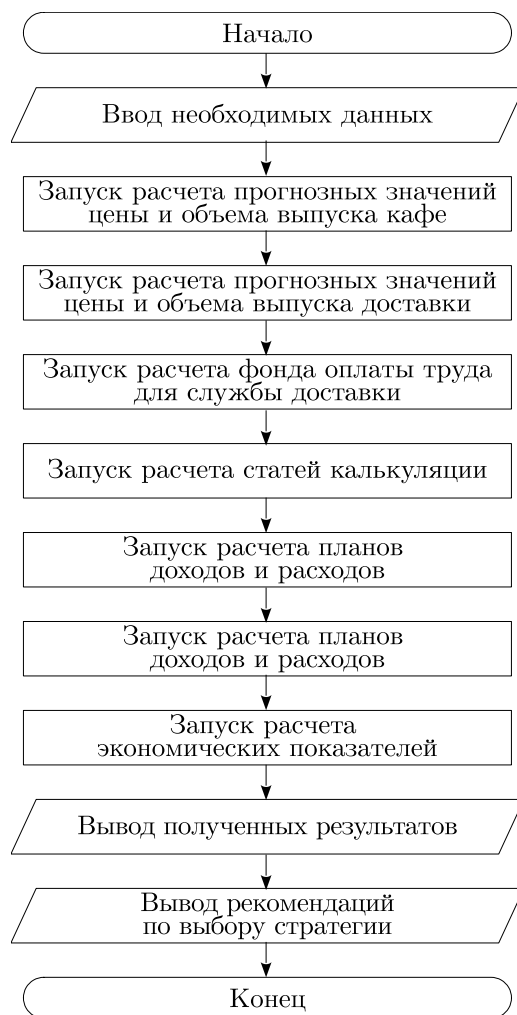


Рис. 4: Алгоритм работы реализованной информационной системы.

Fig. 4: Algorithm of operation of the implemented information system.

Заключение

1. Описан процесс проектирования информационной системы оптимизации деятельности предприятия общественного питания, включающий анализ действующего бизнес-процесса по покупке и доставке заказов клиентов, разработку стратегий по оптимизации действующего бизнес-процесса, разработку системы стимулирования персонала, анализ экономических показателей предприятия при различных стратегиях, разработку математической модели по максимизации прибыли предприятия и алгоритма работы информационной системы, а также сравнение показателей эффективности двух предлагаемых стратегий.
2. В результате анализа бизнес-процесса по покупке и доставке заказов клиентов были разработаны стратегии по его оптимизации – консервативная, не предполагающая изменений в системе доставки, и инновационная, предполагающая создание собственного приложения с доставкой, разработку системы стимулирования персонала службы доставки, а также интенсивное продвижение компании.
3. В рамках инновационной стратегии на основе исследования интересов предприятия и работников была предложена система стимулирования работников службы

Таблица 2: Результаты расчетов информационной системы.

Table 2. Results of calculations of the information system.

Показатель	Проект 1	Проект 2
Название проекта	Инновационная стратегия	Консервативная стратегия
Итоговые затраты	700 000 руб.	1 007 169 руб.
n (период реализации проекта)	6 лет	
r (ставка дисконтирования)	6%	
PV (дисконтированная стоимость)	105 651 525 руб.	104 265 366 руб.
NPV (чистая приведенная стоимость)	104 951 525 руб.	83 412 292 руб.
IRR (внутренняя норма доходности)	8,1%	–
Критерий эффективности	149,9	82,8

доставки. Рассчитан оптимальный норматив отчислений на оплату труда сотрудников, который позволит обеспечить выполнение всех заказов с учетом планируемой численности персонала. Предложенная модель может найти применение как в сфере общественного питания, так и для сервисов доставки.

- Сравнение показателей эффективности предлагаемых стратегий с помощью разработанной информационной системы показало преимущество инновационной стратегии, позволяющей экономить средства на использовании сторонних сервисов по доставке продуктов и готовых блюд, и, как следствие, увеличивать прибыль предприятия и повышать его репутацию при помощи качественной и быстрой доставки продуктов. Внедрение собственного приложения поможет в будущем наращивать прибыль за счет увеличения числа клиентов и их повторных покупок.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

- Волкова О.В. Целесообразность внедрения мобильных приложений для сервисов по доставке еды // Матрица научного познания. – 2019. – № 10. – С. 14–21. EDN: PJNPQS.
- Васильева О.Н., Засканов В.В., Иванов Д.Ю., Новиков Д.А. Модели и методы материального стимулирования (теория и практика) / Под ред. проф. В.Г. Засканова и проф. Д.А. Новикова. М.: ЛЕНАНД, 2007. – 288 с. ISBN: 978-5-9710-0106-5. EDN: PFGVJX
- Коновалова Л.В., Стрелкова Е.А., Меледина А.Г. Основные подходы к формированию кадровой политики и мотивации персонала в организации // В сборнике: Гостеприимный Петербург – 2019. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 61–65. EDN: VNBMIJ.
- Чибикова Т.В., Савченко Е.В. Разработка модели мотивации персонала для ресторанов быстрого питания // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2020. – № 1 (33). – С. 58–63. EDN: CLESEP.
- Шендель Т.В., Щербакова К.И. Проблемы мотивации трудовой деятельности персонала медицинских организаций // Вектор экономики. – 2019. – № 4 (34). – С. 162. EDN: OXMPKK.

6. Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах: монография. М.: Синтег, 2003. – 312 с. EDN: PFGVHP.
7. Абрамова К.В. Повышение качества сервисов по доставке еды // Аллея науки. – 2019. – Т. 2. – № 5 (32). – С. 321–324. EDN: UKCBRN.
8. Калиберда Е.А., Христосова Н.Г. Автоматизация деятельности отдела доставки заказов интернет-магазина // International Journal of Advanced Studies. – 2018. – Т. 8. – № 1–2. – С. 65–72. EDN: USYLER.
9. Майкова Е.Н., Гапченко Е.Н. Влияние приложений по доставке продуктов питания на поведение потребителей // В сборнике: Научная исследовательская деятельность в России и за рубежом. Материалы II международной научно-практической конференции. – Саратов, 2022. – С. 238–243. EDN: RTJDBG.
10. Самойлова Е.В., Тимакова Р.Т. Автоматизация бизнес-процессов в ресторане // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития науки, техники и образования. Материалы II Национальной научно-практической конференции. Под редакцией И.А. Долматовой. Магнитогорск, 2022. – С. 200–202. EDN: ZEDG0Z.
11. Как удержать и повысить рейтинг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://yandex.com/support/eda-vendor-ru/rating/rating-up.html> (дата обращения: 02.09.2024).
12. Петрова А.В., Орлова К.Ю. Разработка модели выбора инвестиционной стратегии развития предприятия общественного питания // В сборнике: Проблемы экономики современных промышленных комплексов; Финансирование и кредитование в экономике России: методологические и практические аспекты. Сборник трудов XVI Всероссийской научно-практической конференции. Памяти профессора Виктора Гавриловича Засканова. Самара, 2023. – С. 72–78. EDN: UXVIMJ.
13. Назаров А.Д. Таргетированная реклама как ключевой инструмент маркетолога // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2020. – № 5. – С. 21. EDN: VAAVWA.
14. Иванов Д.Ю. Модели и механизмы внутрифирменного управления: учебное пособие. – Самара: Издательство Самарского университета, 2018. – 124 с. ISBN: 978-5-7883-1221-7. EDN: XWSNPE.
15. Беренс В., Хавранек П. Руководство по оценке эффективности инвестиций / пер. с англ. М.: ИНФРА-М, 1995. – 527 с. ISBN 5-85523-012-0.
16. Бланк И.А. Основы инвестиционного менеджмента. – К.: Эльга; Ника-Центр, 2004. ISBN: 5-901620-57-7. EDN: QQDVTT.
17. Гераськин М.И., Кузнецова О.А. Модели инвестиционного планирования. Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2020. – 100 с. ISBN: 978-5-7883-1523-2. EDN: AUFTGQ.
18. Учебник VBA. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://coderlessons.com/tutorials/microsoft-technologies/uchebnik-vba/uchebnik-vba> (дата обращения: 14.09.2024).

Developing an Information System for a Public Catering Enterprise Taking Into Account the Implementation of an Incentive System for Delivery Service Personnel

K. Yu. Orlova, A. V. Petrova

Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article describes the design process and the algorithm of the information system for optimizing the activities of a public catering enterprise, as well as the results of its application for calculating the efficiency of investments and choosing a development strategy for the enterprise. The specifics of the proposed innovative and conservative strategies is described. A model for calculating the economic indicators for both strategies is developed. Special attention is paid to the incentive system for delivery service personnel within the framework of the innovative strategy. The results allow us choose the innovative development strategy.

Keywords: investment project; catering enterprise; personnel incentive system; improvement of business processes; enterprise development strategy; efficiency of delivery service.

Received: Monday 30th September, 2024 / Revised: Wednesday 30th October, 2024 /
Accepted: Friday 29th November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Volkova O.V. Feasibility of introducing mobile applications for food delivery services // Matrix of scientific knowledge. – 2019. – No. 10. – pp. 14–21. EDN: PJNPQS (In Russ.)
2. Vasilyeva O.N., Zaskanov V.V., Ivanov D.Yu., Novikov D.A. Models and methods of material incentives (theory and practice) / Edited by prof. V.G. Zaskanov and prof. D.A. Novikov. Moscow: LENAND, 2007. – 288 p. ISBN: 978-5-9710-0106-5. EDN: PFGVJX. (In Russ.)

Mathematical Statistical and Instrumental Methods of Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓢ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Orlova K. Yu., Petrova A. V. Developing an Information System for a Public Catering Enterprise Taking Into Account the Implementation of an Incentive System for Delivery Service Personnel, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 63–75. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-63-75> (In Russian).

Authors' Details:

Kristina Yu. Orlova  <http://orcid.org/0000-0002-8676-1032>

Candidate of Economics; Associate Professor of the Department of Mathematical Methods in Economics; e-mail: orlova.kyu@ssau.ru

Anastasia V. Petrova  <http://orcid.org/0009-0008-4337-3006>

Master student of the Institute of Economics and Management; e-mail: anastasiasww@gmail.com

3. Konovalova L.V., Strelkova E.A., Meledina A.G. Basic approaches to the formation of personnel policy and personnel motivation in the organization // In the collection: Hospitable Petersburg – 2019. Collection of works of the International scientific and practical conference. – 2019. – pp. 61–65. EDN: VNBMIJ. (In Russ.)
4. Chibikova T.V., Savchenko E.V. Development of a personnel motivation model for fast-food restaurants // Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology. – 2020. – No. 1 (33). – pp. 58–63. EDN: CLESEP. (In Russ.)
5. Shendel T.V., Shcherbakova K.I. Problems of motivation of labor activity of personnel of medical organizations // Vector of Economy. – 2019. – No. 4 (34). – pp. 162. EDN: OXMPKK. (In Russ.)
6. Novikov D.A. Stimulation in organizational systems: monograph. Moscow: Sinteg, 2003. – 312 p. EDN: PFGVHP. (In Russ.)
7. Abramova K.V. Improving the quality of food delivery services // Alley of Science. – 2019. – Vol. 2. – No. 5 (32). – pp. 321–324. EDN: UKCBRN. (In Russ.)
8. Kaliberda E.A., Khristosova N.G. Automation of the activities of the order delivery department of an online store // International Journal of Advanced Studies. – 2018. – Vol. 8. – No. 1–2. – pp. 65–72. EDN: USYLER. (In Russ.)
9. Maikova E.N., Gapchenko E.N. The Impact of Food Delivery Apps on Consumer Behavior // In the collection: Scientific research activities in Russia and abroad. Proceedings of the II international scientific and practical conference. – Saratov, 2022. – pp. 238–243. EDN: RTJDBG. (In Russ.)
10. Samoylova E.V., Timakova R.T. Automation of business processes in a restaurant // In the collection: Modern problems and prospects for the development of science, technology and education. Proceedings of the II National Scientific and Practical Conference. Edited by I.A. Dolmatova. Magnitogorsk, 2022. – pp. 200–202. EDN: ZEDGOZ. (In Russ.)
11. How to Maintain and Increase Your Rating. [Electronic resource]. Access mode: <https://yandex.com/support/eda-vendor-ru/rating/rating-up.html> (accessed: 02.09.2024). (In Russ.)
12. Petrova A.V., Orlova K.Yu. Development of a model for selecting an investment strategy for the development of a public catering enterprise // In the collection: Problems of the economy of modern industrial complexes; Financing and lending in the Russian economy: methodological and practical aspects. Collection of works of the XVI All-Russian scientific and practical conference. In memory of Professor Viktor Gavrilovich Zaskanov. Samara, 2023. – pp. 72–78. EDN: UXVIMJ. (In Russ.)
13. Nazarov A.D. Targeted advertising as a key tool for a marketer // International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral. – 2020. – No. 5. – pp. 21. EDN: VAAVWA. (In Russ.)
14. Ivanov D.Yu. Models and mechanisms of internal corporate management: a tutorial. – Samara: Samara University Publishing House, 2018. – 124 p. ISBN: 978-5-7883-1221-7. EDN: XWSNPE. (In Russ.)
15. Berens V., Havranek P. Guide to Assessing Investment Efficiency / trans. from English. Moscow: INFRA-M, 1995. – 527 p. ISBN 5-85523-012-0. (In Russ.)
16. Blank I.A. Fundamentals of investment management. – K.: Elga; Nika-Center, 2004. ISBN: 5-901620-57-7. EDN: QQDVTT. (In Russ.)
17. Geraskin M.I., Kuznetsova O.A. Investment planning models. Samara: Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, 2020. – 100 p. ISBN: 978-5-7883-1523-2. EDN: AUFTGQ. (In Russ.)
18. VBA Tutorial. [Electronic resource]. Access mode: <https://coderlessons.com/tutorials/microsoft-technologies/uchebnik-vba/uchebnik-vba> (accessed: 14.09.2024). (In Russ.)

УДК 539.374

Модель динамики развития предприятия, учитывающая переработку его производственных отходов

К. А. Родионова, Л. А. Сараев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

В публикуемой статье предложена математическая модель динамики развития многофакторного предприятия, учитывающая переработку его производственных отходов в полезную продукцию. Производственная деятельность такого предприятия описывается двумя производственными функциями, одна из которых преобразует ресурсы в продукцию предприятия, а другая превращает ресурсы в отходы. Процесс перехода на некотором временном интервале предприятия к безотходной циркулярной экономике описывается с помощью специальной безразмерной логистической функцией. Построена система дифференциальных уравнений, описывающая процесс преобразования части отходов предприятия в полезную продукцию. Подробно исследован вариант однофакторной модели предприятия, перерабатывающего отходы производственной деятельности. Рассмотрены особенности изменений экономических показателей предприятия, сопровождающие его обычного производства в безотходное производство.

Ключевые слова: предприятие; ресурсы; факторы производства; производственная функция; выпуск; отходы; прибыль; издержки.

Получение: 3 октября 2024 г. / Исправление: 2 ноября 2024 г. /

Принятие: 2 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Математические статистические и инструментальные методы экономики (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Ⓙ © ⓘ Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Родионова К. А., Сараев Л. А. Модель динамики развития предприятия, учитывающая переработку его производственных отходов // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 76–88. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-76-88>.

Сведения об авторах:

Ксения Алексеевна Родионова  <http://orcid.org/0000-0001-6959-8053>

аспирант кафедры математики и бизнес-информатики; e-mail: ksurora@gmail.com

Леонид Александрович Сараев  <http://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

доктор физико-математических наук, профессор; профессор кафедры математики и бизнес-информатики; e-mail: saraev_leo@mail.ru

Введение

Трансформация современных производственных предприятий в экологически устойчивые системы обусловлена рядом ключевых вызовов современности, к которым можно отнести экономическую нестабильность, глобальный рост населения, ограниченность ресурсов, экологические проблемы и социальные трудности т.д..

Системные исследования экономических показателей зарубежных и отечественных предприятий за несколько последних десятилетий выявили неуклонное расширение круга проблем, связанных с необходимостью утилизации отходов, вторичной переработки продукции, использованием экологических материалов и т.д.

Эти исследования показывают ограниченность линейной экономической модели, для которой характерно одностороннее потребление ресурсов и неспособность удовлетворить растущий спрос на производственные товары [1–4].

Для производственных предприятий оптимизация управления отходами становится актуальной задачей в условиях усиления экологических требований и необходимости снижения издержек. Современные исследования фокусируются на разработке экономико-математических моделей, позволяющих прогнозировать и повышать эффективность переработки отходов, включая их вовлечение в производственные процессы.

Такие модели учитывают влияние экологических, технических и экономических факторов, что позволяет минимизировать объемы захоронения отходов, сократить использование первичных ресурсов и повысить экологическую устойчивость предприятий [5–8].

Экономика замкнутого цикла или циркулярная экономика (Circular Economy, далее *CE*) представляет собой альтернативный подход к традиционной модели экономического развития и предлагает концептуально новый формат производственной и хозяйственной деятельности, основанный на возобновляемых решениях и инновационных бизнес-моделях.

В мировом поле лидирующими странами по внедрению принципов *CE* выступают члены Европейского Союза. Европейская комиссия около десяти лет назад впервые представила комплексный план перехода к экономике замкнутого цикла, именно по этой причине крайне важно учитывать зарубежный опыт перехода предприятий к моделям *CE*.

Кроме того, инициативы по продвижению *CE* также реализуются на федеральном уровне в Китае, в Южной Корее через «Стратегию зелёного развития», и в Японии в рамках концепции «Общество правильного материального цикла» [9–11].

Принципы внедрения *CE* в производство предприятий России, учитывают, проецируют и адаптируют зарубежные сценарии моделей *CE*. Они ориентированы на трансформацию производственных процессов с акцентом на экологическое и экономичное использование ресурсов.

Одним из основополагающих принципов становится формирование замкнутых производственных циклов, в рамках которых сырьё и ресурсы остаются в обращении: по завершении одного цикла они трансформируются в материалы или компоненты для новых товаров и услуг, исключая образование отходов.

Особую роль играет межотраслевое взаимодействие, направленное на переработку и использование производственных отходов в качестве полезной продукции. Так, материалы, которые не могут быть повторно использованы в рамках одного предприятия, передаются другим промышленным объектам для включения в их производственные процессы [12–15].

Обзор современных работ в области изучения особенностей экономики замкнутого цикла показывает растущий интерес исследователей и специалистов в области производ-

ства. Однако эти исследования в основном носят методологический характер или описывают конкретные технологические решения.

Развитие экономико-математических методов и построение с их помощью моделей, описывающие деятельность предприятий в условиях перехода к экономике замкнутого цикла, представлены пока недостаточно широко. Результаты такого моделирования могут позволить анализировать деятельность предприятия и прогнозировать количественные оценки его экономических показателей.

Целью данной работы является разработка новой экономико-математической модели перехода производственного предприятия к экономике замкнутого цикла.

Научная новизна и особенность этой модели состоит в том, что в ней учтены особенности изменений экономических показателей предприятия, сопровождающие его обычного производства в безотходное производство.

1. Постановка задачи

Пусть динамика выпуска продукции предприятия обеспечивается произвольным числом производственных факторов (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) , представляющие собой финансовые объемы основного капитала, оборотного капитала, объемы трудовых ресурсов, материалы, технологии и т.д.

Переменные величины этих объемов $Q_i = Q_i(t)$, предполагаются непрерывными, непрерывно-дифференцируемыми и ограниченными на интервале $(0 \leq t < \infty)$ функциями времени t

$$Q_i^0 \leq Q(t) < Q_i^\infty, (i = 1, 2, \dots, n).$$

Здесь Q_i^0 – заданные начальные значения ресурсов $Q_i = Q_i(t)$, $Q_i^\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} Q_i(t)$ – его предельные значения, которые подлежат вычислению.

Поскольку любое производственное предприятие помимо выпуска полезной продукции производит отходы производства, его деятельность целесообразно описывать двумя производственными функциями.

Первая производственная функция, выражающая объем выпускаемой продукции предприятия, задается мультипликативной производственной функцией Кобба–Дугласа

$$V = P \cdot \prod_{s=1}^n Q_s^{p_s}, \quad (1)$$

а вторая производственная функция, выражающая объем отходов предприятия задается производственной функцией

$$W = R \cdot \prod_{s=1}^n Q_s^{r_s}. \quad (2)$$

Здесь степенные показатели p_s и r_s производственных функций (1) и (2) представляют собой эластичности выпуска продукции и отходов по соответствующим ресурсам Q_s , P – стоимость продукции произведенной на единичные объемы ресурсов, R – стоимость произведенных отходов на единичные объемы ресурсов.

Если предприятие в результате принятия дополнительных мер при помощи специальных инновационных технологий преобразует часть отходов производства в выпуск допол-

нительной продукции, то его производственная функция принимает вид

$$U = V + S \cdot W = P \cdot \prod_{s=1}^n Q_s^{p_s} + S \cdot R \cdot \prod_{s=1}^n Q_s^{r_s}. \quad (3)$$

Здесь S – безразмерный коэффициент (доля переработанных отходов в выпуск дополнительной продукции). В общем случае этот коэффициент удовлетворяет неравенству $0 \leq S \leq SM$, где SM – максимальная доля перерабатываемой продукции. При $SM = 1$ предприятие полностью перерабатывает свои отходы в полезную продукцию.

Следует отметить, что безразмерный коэффициент S в общем случае зависит от времени, задается руководством предприятия и является управляющим элементом.

Оставшаяся часть непереработанных отходов $(1 - S) \cdot W$ включается в издержки предприятия, которые вместе с пропорциональными и постоянными издержками принимают вид

$$TC = \sum_{s=1}^n H_s \cdot Q_s + TFC + (1 - S) \cdot R \cdot \prod_{s=1}^n Q_s^{r_s}. \quad (4)$$

Здесь H_s – стоимости затрат на единичные объемы ресурсов, соответственно, TFC – постоянные затраты предприятия.

Прибыль рассматриваемого предприятия, представляющая разность между выпуском продукции и издержками задается формулой

$$PR = U - TC = P \cdot \prod_{s=1}^n Q_s^{p_s} + S \cdot R \cdot \prod_{s=1}^n Q_s^{r_s} - \sum_{s=1}^n H_s \cdot Q_s - (1 - S) \cdot R \cdot \prod_{s=1}^n Q_s^{r_s} - TFC. \quad (5)$$

В качестве безразмерного показателя трансформации предприятия S ограничимся логистической функцией

$$S(t) = SM \cdot \frac{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_S}{\sigma_S}\right)}{\exp\left(2 \cdot \frac{t - t_S}{\sigma_S}\right) + 1}. \quad (6)$$

Здесь t_S и σ_S – центр и радиус временного интервала $(t_S - \sigma_S, t_S + \sigma_S)$, на котором происходит процесс переработки отходов в полезную продукцию.

На рис. 1 показаны варианты кривых логистической функции (6) для различных уровней максимальных долей перерабатываемой продукции SM .

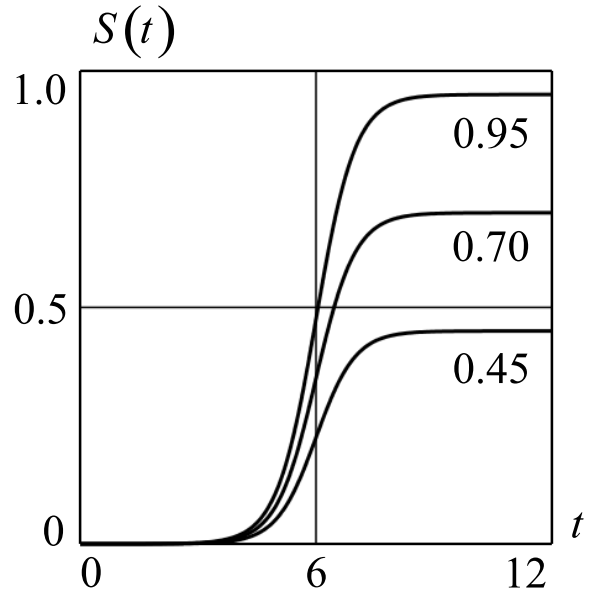
2. Уравнения динамики выпуска продукции и переработки отходов для многофакторного предприятия

Приращения объемов ресурсов $Q_i(t)$ на некотором малом отрезке времени $[t, t + \Delta t]$ имеет вид

$$\Delta Q_i = Q_i(t + \Delta t) - Q_i(t), (i = 1, 2, \dots, n).$$

Рис. 1: Варианты кривых логистической функции (6) для различных уровней максимальных долей перерабатываемой продукции SM . Цифры у кривых – значения параметра SM .

Fig. 1: Variants of the logistic function curves (6) for different levels of maximum shares of processed products SM . The numbers near the curves are the values of the SM parameter.



Каждое такое приращение может быть представлено в виде двух слагаемых

$$\Delta Q_i = \Delta Q_i^A + \Delta Q_i^I. \quad (7)$$

Здесь ΔQ_i^A – частичные амортизации объемов факторов производства $Q_i(t)$ за время Δt ; ΔQ_i^I – частичные восстановления объемов факторов производства $Q_i(t)$ счет внутренних инвестиций за время Δt .

Приращения частичных амортизаций объемов ΔQ_i^A за время Δt имеют вид

$$\Delta Q_i^A(t) = -A_i \cdot Q_i(t) \cdot \Delta t, \quad (8)$$

Приращения частичных восстановлений объемов ΔQ_i^I за время Δt можно записать в виде

$$\Delta Q_i^I(t) = I_i(t) \cdot \Delta t, \quad (9)$$

Здесь A_i – коэффициенты амортизации (доли выбывших за единицу времени объемов факторов производства $Q_i(t)$); $I_i(t)$ – инвестиции, восстанавливающие объемы ресурсов $Q_i(t)$

$$I_i(t) = B_i \cdot V(t),$$

или, с учетом формулы (3) для производственной функции

$$I_i(t) = B_i \cdot \left(P \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{p_s} + S(t) \cdot R \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{r_s} \right), \quad (10)$$

Здесь B_i – нормы накопления внутренних инвестиций для факторов производства $Q_i(t)$.

Подстановка формул (8)–(10) в уравнения (7) дает

$$\Delta Q_i(t) = \left(-A_i \cdot Q_i(t) + B_i \cdot \left(P \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{p_s} + S(t) \cdot R \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{r_s} \right) \right) \cdot \Delta t. \quad (11)$$

Предельный переход в соотношениях (11) при условии $\Delta t \rightarrow 0$, приводит к системе дифференциальных уравнений

$$\frac{dQ_i(t)}{dt} = -A_i \cdot Q_i(t) + B_i \cdot \left(P \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{p_s} + S(t) \cdot R \cdot \prod_{s=1}^n Q_s(t)^{r_s} \right). \quad (12)$$

Начальные условия для системы уравнений (12) имеют вид

$$Q_i \Big|_{t=0} = Q_i(0) = Q_i^0. \quad (13)$$

Система дифференциальных уравнений (12) показывает, что рассматриваемое производственное предприятие будет иметь поступательное развитие, до тех пор пока объемы внутренних инвестиций в бизнес-процессы будет численно превосходить объемы амортизационных отчислений. Очевидно, что при этом производные функций этих объемов будут принимать положительные значения. Если численные значения объемов внутренних инвестиций и объемов амортизационных отчислений сравняются, то производные функций этих объемов будут обращаться в нуль, и процесс развития предприятия выйдет на свою предельную мощность. Предельные значения факторов производства Q_i^∞ удовлетворяют системе уравнений

$$A_i \cdot Q_i^\infty = B_i \cdot \left(P \cdot \prod_{s=1}^n (Q_s^\infty)^{p_s} + SM \cdot R \cdot \prod_{s=1}^n (Q_s^\infty)^{r_s} \right). \quad (14)$$

3. Уравнения динамики выпуска продукции и переработки отходов для однофакторного предприятия

Пусть выпуск продукции предприятия обеспечивается одним производственным фактором $Q(t) = Q_1(t)$, который интегрирует в себе объемы факторов производства, складывающихся из основного капитала, производственных фондов, привлекаемых в производство трудовых ресурсов, используемых в производстве материалов, применяемых технологий, различного рода инноваций и т.д.

Тогда формула (3) для производственной функции принимает вид

$$U(t) = V(t) + S(t) \cdot W(t) = P \cdot Q(t)^p + S(t) \cdot R \cdot Q(t)^r. \quad (15)$$

Выражение для общих издержек (4) записывается в виде

$$TC(t) = H \cdot Q(t) + TFC + (1 - S(t)) \cdot R \cdot Q(t)^r. \quad (16)$$

Формула для функции прибыли (5) принимает вид

$$PR(t) = P \cdot Q(t)^p + S(t) \cdot R \cdot Q(t)^r - H \cdot Q(t) - TFC - (1 - S(t)) \cdot R \cdot Q(t)^r. \quad (17)$$

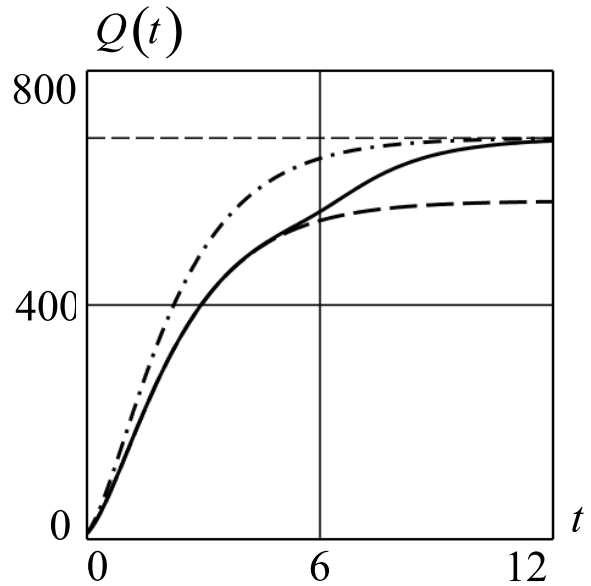
Система уравнений баланса (12) и начальные условия (13) принимают вид

$$\begin{cases} \frac{dQ(t)}{dt} = -A \cdot Q(t) + B \cdot \left(P \cdot Q(t)^p + S(t) \cdot R \cdot Q(t)^r \right), \\ Q \Big|_{t=0} = Q(0) = Q^0. \end{cases} \quad (18)$$

На рис. 2 представлены три варианта кривых роста объемов фактора производства $Q(t)$, построенных по результатам численного решения задачи Коши (18). В первом варианте переработка отходов не производится ($S(t) \equiv 0$), во втором варианте переработка отходов производится самого начала производственного процесса ($S(t) \equiv SM$), в третьем варианте переработка отходов производится на временном интервале ($t_S - \sigma_S, t_S + \sigma_S$) с центром в точке t_S и радиусом σ_S .

Рис. 2: Варианты кривых роста объемов фактора производства $Q(t)$, построенных по результатам численного решения задачи Коши (18). Штриховая линия соответствует первому варианту, штрихпунктирная линия соответствует второму варианту, сплошная линия соответствует третьему варианту.

Fig. 2: Variants of growth curves of the production factor volumes $Q(t)$, constructed based on the results of the numerical solution of the Cauchy problem (18). The dashed line corresponds to the first variant, the dashed-dotted line corresponds to the second variant, the solid line corresponds to the third variant.



На рис. 3 представлены три варианта кривых роста объемов издержек $TC(t)$, построенных по результатам численного решения задачи Коши (18) и формулы (16). В первом варианте переработка отходов не производится ($S(t) \equiv 0$), во втором варианте переработка отходов производится самого начала производственного процесса ($S(t) \equiv SM$), в третьем варианте переработка отходов производится на временном интервале ($t_S - \sigma_S, t_S + \sigma_S$) с центром в точке t_S и радиусом σ_S .

На рис. 4 представлены три варианта кривых роста объемов выпуска продукции $U(t)$, построенных по результатам численного решения задачи Коши (18) и формулы (15). В первом варианте переработка отходов не производится ($S(t) \equiv 0$), во втором варианте переработка отходов производится самого начала производственного процесса ($S(t) \equiv SM$), в третьем варианте переработка отходов производится на временном интервале ($t_S - \sigma_S, t_S + \sigma_S$) с центром в точке t_S и радиусом σ_S .

Рис. 3: Варианты кривых роста объемов издержек $TC(t)$, построенных по результатам численного решения задачи Коши (18) и формулы (16). Штриховая линия соответствует первому варианту, штрих-пунктирная линия соответствует второму варианту, сплошная линия соответствует третьему варианту.

Fig. 3: Variants of growth curves of cost volumes $TC(t)$, constructed based on the results of the numerical solution of the Cauchy problem (18) and formula (16). The dashed line corresponds to the first variant, the dashed-dotted line corresponds to the second variant, the solid line corresponds to the third variant.

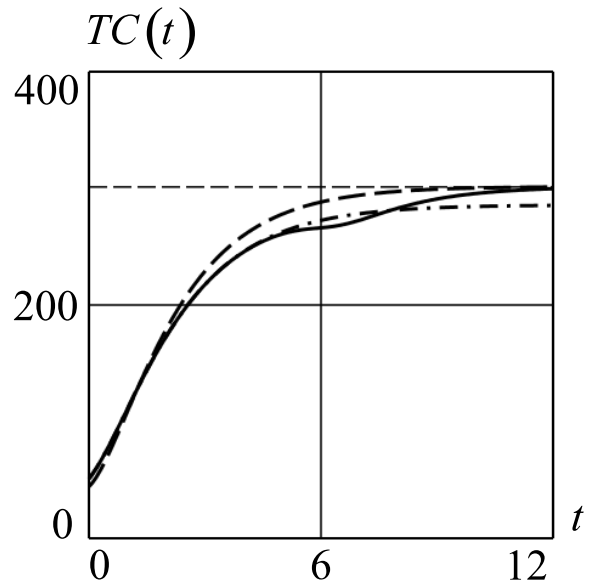
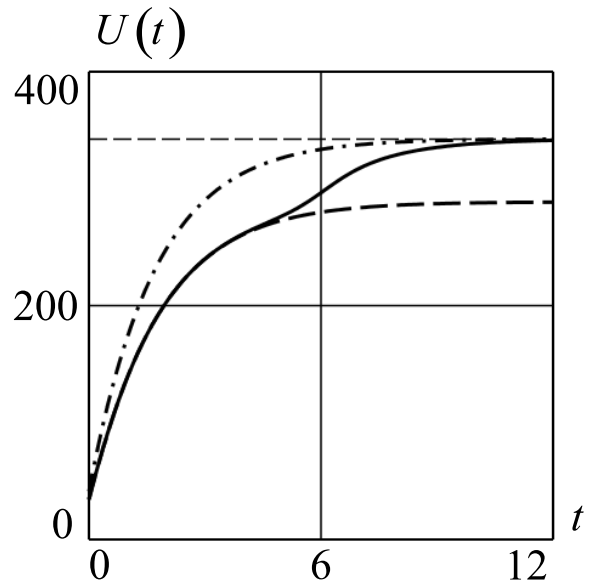


Рис. 4: Варианты кривых роста объемов выпуска продукции $U(t)$, построенных по результатам численного решения задачи Коши (18) и формулы (15). Штриховая линия соответствует первому варианту, штрих-пунктирная линия соответствует второму варианту, сплошная линия соответствует третьему варианту.

Fig. 4: Variants of output growth curves $U(t)$, constructed based on the results of the numerical solution of the Cauchy problem (18) and formula (15). The dashed line corresponds to the first variant, the dashed-dotted line corresponds to the second variant, the solid line corresponds to the third variant.



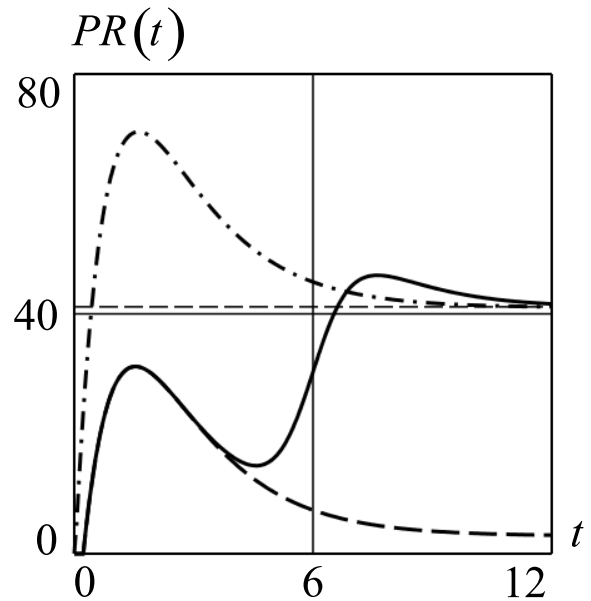
На рис. 5 представлены три варианта кривых роста объемов прибыли предприятия $PR(t)$, построенных по результатам численного решения задачи Коши (18) и формулы (17). В первом варианте переработка отходов не производится ($S(t) \equiv 0$), во втором варианте переработка отходов производится самого начала производственного процесса ($S(t) \equiv SM$), в третьем варианте переработка отходов производится на временном интервале $(t_S - \sigma_S, t_S + \sigma_S)$ с центром в точке t_S и радиусом σ_S .

На рис. 6 представлена поверхность объемов прибыли предприятия $PR(Q, t)$, построенная по формуле (17), и пространственная кривая роста объемов прибыли предприятия

$$\begin{cases} S = S(t), \\ Q = Q(t), \\ PR = PR(t), \end{cases} \quad (19)$$

Рис. 5: Варианты кривых роста объемов прибыли предприятия $PR(t)$, построенных по результатам численного решения задачи Коши (18) и формулы (17). Штриховая линия соответствует первому варианту, штрих-пунктирная линия соответствует второму варианту, сплошная линия соответствует третьему варианту.

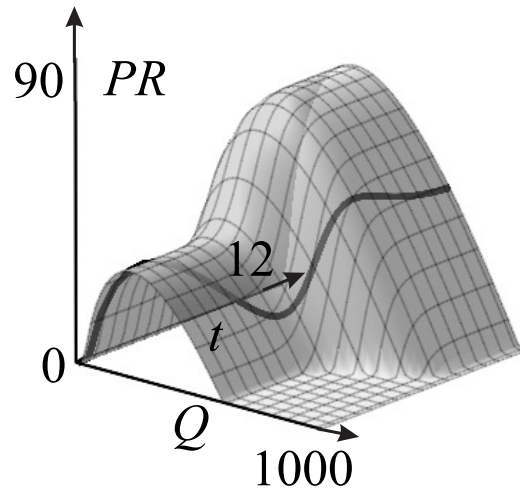
Fig. 5: Variants of curves of growth of enterprise profit volumes $PR(t)$, constructed according to the results of numerical solution of the Cauchy problem (18) and formula (17). The dashed line corresponds to the first variant, the dashed-dotted line corresponds to the second variant, the solid line corresponds to the third variant.



построенная по результатам численного решения задачи Коши (18) и формулы (17).

Рис. 6: Поверхность объемов прибыли предприятия $PR(Q, t)$, построенная по формуле (17) и пространственная кривая роста объемов прибыли предприятия (19).

Fig. 6: The surface of enterprise profit volumes $PR(Q, t)$, constructed using the formula (17) and the spatial curve of growth of enterprise profit volumes (19).



Заключение

1. Разработана новая математическая модель предприятия, производственная деятельность которого обеспечивается производственной функцией выпуска продукции и производственной функцией производства отходов.
2. Построена система дифференциальных уравнений, описывающая процесс преобразования части отходов предприятия в полезную продукцию.

3. Подробно исследован вариант однофакторной модели предприятия, перерабатывающего отходы производственной деятельности.
4. Рассмотрены особенности изменений экономических показателей предприятия, сопровождающие его обычного производства в безотходное производство.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Okorie O., Salonitis K., Charnley F., Moreno M., Turner Ch., Tiwari A. Data-Driven Approaches for Circular Economy in Manufacturing for Digital Technologies: A Review of Current Research and Proposed Framework // Preprints. – 2018. DOI: 10.20944/preprints201808.0159.v1..
2. Потравный И.М., Нямдорж Д., Сухорукова И.В., Лихачев Г.Г. Экономико-математическая модель влияния экологических и производственных характеристик рудника на прибыль горнодобывающего предприятия на примере «предприятия Эрдэнэт» // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16. – № 9 (468). – С. 1759–1777. EDN: ZHLEGB.
3. Потравный И.М., Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю. Оптимизация использования ресурсов техногенных месторождений с учетом факторов неопределенности // Экономика региона. – 2017. – Т. 13. – № 4. – С. 1280–1290. EDN: ZXQKHX.
4. Ma H.W., Shih H.C., Liao M.I. Circular Economy and New Research Directions in Sustainability // International Series in Operations Research and Management Science. – 2021. – pp. 141–168. DOI: 10.1007/978-3-030-58023-0_6.
5. Османов И.Х. Экономико-математическая модель оптимального размещения и определения рациональных мощностей предприятий по переработке твердых бытовых отходов (ТКО) на региональном уровне // Экономика строительства и природопользования. – 2020. – № 3 (76). – С. 23–27. EDN: JAHDWU.
6. Zhang W., Zhang M., Wu Sh., Liu F. A complex path model for low-carbon sustainable development of enterprise based on system dynamics// Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 321. – Pp. 128934. EDN: MLHCZA.
7. Charnley F., Tiwari D., Hutabarat W., Moreno M., Okorie O., Tiwari A. Simulation to Enable a Data-Driven Circular Economy // Sustainability. – 2019. – no. 11 (12). DOI: 10.3390/su11123379.
8. Rahayu N., Arai T., Yudoko G., Morimoto H. System dynamics models for planning long-term integrated municipal solid waste management in Bandung city// The Sustainable City. – 2013. – Vol. 2. – no. 8. DOI: 10.2495/SC130982.
9. Богатырев В.Д., Ростова Е.П. Анализ и моделирование динамики обезвреженных и утилизированных отходов производства и потребления промышленных отраслей // Экология и промышленность России. – 2024. – Т. 28. – № 3. – С. 50–54. EDN: PVOZFK.
10. Ковальчук А.П., Милорадов К.А. Организационно-экономическая модель развития системы управления отходами на региональном уровне // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16. – № 3. – С. 1147–1158. EDN: IOYMBV.
11. Пономарева С.В., Каменских Д.Н. Рециклинг отходов от осуществления основных бизнес-процессов промышленными предприятиями // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 2–1. – С. 80–86. EDN: PUUOBU.
12. Xiao S., Dong H., Geng Y. Policy impacts on Municipal Solid Waste management in Shanghai: A system dynamics model analysis // Journal of Cleaner Production. – 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121366.

13. Nogueira L. The Industrial Dynamics of Waste Management and Recycling: A Call for Research and a Proposed Agenda // SSRN. – 2022. EDN: EKPLHG.
14. Hunger T., Arnold M., Ulber M. Circular value chain blind spot – A scoping review of the 9R framework in consumption // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 440. – Pp. 140853. EDN: ALOARX.
15. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2017. – Т. 33. – № 2. – С. 244–268. EDN: ZCMMC5V.

Model of the dynamics of enterprise development, taking into account the processing of its production waste

K. A. Rodionova, L. A. Saraev

Samara National Research University, 34,
Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The published article proposes a mathematical model of the dynamics of the development of a multifactor enterprise, taking into account the processing of its production waste into useful products. The production activity of such an enterprise is described by two production functions, one of which transforms resources into the enterprise's products, and the other transforms resources into waste. The process of transition at a certain time interval of the enterprise to a waste-free circular economy is described using a special dimensionless logistic function. A system of differential equations is constructed that describes the process of converting part of the enterprise's waste into useful products. A version of a single-factor model of an enterprise processing production waste is studied in detail. The features of changes in the economic indicators of the enterprise accompanying its normal production into waste-free production are considered.

Keywords: enterprise; resources; factors of production; production function; output; waste; profit; costs.

Received: Thursday 3rd October, 2024 / Revised: Saturday 2nd November, 2024 /
Accepted: Monday 2nd December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

Mathematical Statistical and Instrumental Methods of Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Rodionova K. A., Saraev L. A. Model of the dynamics of enterprise development, taking into account the processing of its production waste, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 76–88. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-76-88> (In Russian).

Authors' Details:

Ksenia A. Rodionova  <http://orcid.org/0000-0001-6959-8053>

Postgraduate Student of the Mathematics and Business Informatics Department;
e-mail: ksurora@gmail.com

Leonid A. Saraev  <http://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Professor; Professor of the Mathematics and Business Informatics Department; e-mail: saraevleo@mail.ru

References

1. Okorie O., Salonitis K., Charnley F., Moreno M., Turner Ch., Tiwari A. Data-Driven Approaches for Circular Economy in Manufacturing for Digital Technologies: A Review of Current Research and Proposed Framework // Preprints. – 2018. DOI: 10.20944/preprints201808.0159.v1..
2. Potravny I.M., Nyamdorzh D., Sukhorukova I.V., Likhachev G.G. Economic and mathematical model of the influence of environmental and production characteristics of a mine on the profit of a mining enterprise using the example of the Erdenet enterprise // Economic analysis: theory and practice. – 2017. – Vol. 16. – No. 9 (468). – pp. 1759–1777. EDN: ZHLEGB. (In Russ.)
3. Potravny I.M., Novoselov A.L., Novoselova I.Yu. Optimization of the use of resources of technogenic deposits taking into account uncertainty factors // Economy of the region. – 2017. – Vol. 13. – No. 4. – pp. 1280–1290. EDN: ZXQKHX. (In Russ.)
4. Ma H.W., Shih H.C., Liao M.I. Circular Economy and New Research Directions in Sustainability // International Series in Operations Research and Management Science. – 2021. – pp. 141–168. DOI: 10.1007/978-3-030-58023-0_6.
5. Osmanov I.Kh. Economic and mathematical model of optimal placement and determination of rational capacities of enterprises for processing municipal solid waste (MSW) at the regional level // Economics of construction and nature management. – 2020. – No. 3 (76). – pp. 23–27. EDN: JAHDWU. (In Russ.)
6. Zhang W., Zhang M., Wu Sh., Liu F. A complex path model for low-carbon sustainable development of enterprise based on system dynamics// Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 321. – pp. 128934. EDN: MLHCZA.
7. Charnley F., Tiwari D., Hutabarat W., Moreno M., Okorie O., Tiwari A. Simulation to Enable a Data-Driven Circular Economy // Sustainability. – 2019. – No. 11 (12). DOI: 10.3390/su11123379.
8. Rahayu N., Arai T., Yudoko G., Morimoto H. System dynamics models for planning long-term integrated municipal solid waste management in Bandung city// The Sustainable City. – 2013. – Vol. 2. – no. 8. DOI: 10.2495/SC130982.
9. Bogatyrev V.D., Rostova E.P. Analysis and modeling of the dynamics of neutralized and utilized waste from production and consumption of industrial sectors // Ecology and Industry of Russia. – 2024. – Vol. 28. – No. 3. – pp. 50–54. EDN: PVOZFK. (In Russ.)
10. Kovalchuk A.P., Miloradov K.A. Organizational and economic model for the development of a waste management system at the regional level // Creative Economy. – 2022. – Vol. 16. – No. 3. – pp. 1147–1158. EDN: IOYMBV. (In Russ.)
11. Ponomareva S.V., Kamenskikh D.N. Recycling of waste from the implementation of core business processes by industrial enterprises // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2024. – No. 2–1. – pp. 80–86. EDN: PUUBU. (In Russ.)
12. Xiao S., Dong H., Geng Y. Policy impacts on Municipal Solid Waste management in Shanghai: A system dynamics model analysis // Journal of Cleaner Production. – 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121366.
13. Nogueira L. The Industrial Dynamics of Waste Management and Recycling: A Call for Research and a Proposed Agenda// SSRN. – 2022. EDN: EKPLHG.
14. Hunger T., Arnold M., Ulber M. Circular value chain blind spot – A scoping review of the 9R framework in consumption // Journal of Cleaner Production. – 2024. – Vol. 440. – pp. 140853. EDN: ALOARX.
15. Pakhomova N.V., Richter K.K., Vetrova M.A. Transition to a circular economy and closed supply chains as a factor in sustainable development // Bulletin of St. Petersburg University. Economics. – 2017. – Vol. 33. – No. 2. – pp. 244–268. EDN: ZCMCV. (In Russ.)

УДК 332.142.6

Обоснование отраслевого подхода в исследовании и моделировании процессов экономической динамики

Е. П. Ростова, Н. А. Черкасова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

Статья посвящена анализу теоретических подходов к изучению экономических циклов и моделированию экономической динамики, определяющей фазы цикла на основе макроэкономических показателей, агрегированных данных и отраслевого подхода. Учтена специфика каждой отдельной отрасли и особенности ее реакции на внешние и внутренние экономические изменения. Рассмотрены показатели валовой добавленной стоимости, оборота организаций, инвестиций по отраслям экономики за период с 2005 года. Проведенный анализ позволил сгруппировать отрасли в зависимости от характера их динамики.

Ключевые слова: экономический рост; циклы; динамика; отраслевой подход; статистический анализ; классификация отраслей.

Получение: 5 октября 2024 г. / Исправление: 4 ноября 2024 г. /

Принятие: 4 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Введение

Проблемам изучения экономических циклов и экономического роста посвящено много работ отечественных [1–5] и зарубежных ученых [6–16]. Ученые экономисты в сфере долгосрочного технико-экономического развития сходятся во мнении, что вероятности финансово-экономических кризисов обусловлены сменой длинных волн экономической

Математические статистические и инструментальные методы экономики (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Ростова Е. П., Черкасова Н. А. Обоснование отраслевого подхода в исследовании и моделировании процессов экономической динамики // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 89–101. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-89-101>.

Сведения об авторах:

Елена Павловна Ростова  <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

доктор экономических наук, доцент; заведующий кафедрой математики и бизнес-информатики;
e-mail: rostova.ep@ssau.ru

Черкасова Наталья Анатольевна  <http://orcid.org/0009-0008-8623-3839>

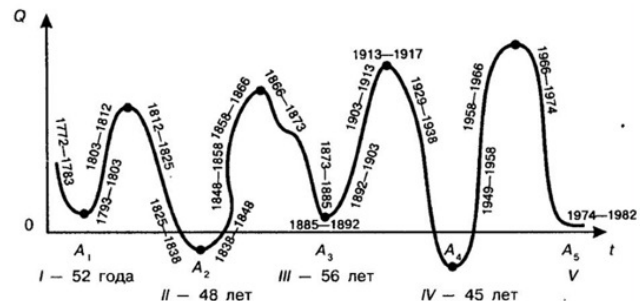
аспирант кафедры математики и бизнес-информатики;
e-mail: cherkasova.na@ssau.ru

конъюнктуры Н. Кондратьева, а также сменой технологических укладов, иначе технико-экономических парадигм [6].

Длинные волны Кондратьева обладают полувековой продолжительностью и состоят из двух стадий: повышательной и понижательной. Повышательная стадия характеризуется высокой хозяйственной конъюнктуры в экономике. Развиваясь динамично, повышательная стадия способна легко преодолеть кратковременные, неглубокие спады. Понижательная фаза – это период низкой хозяйственной конъюнктура, при доминирующем депрессивном состоянии экономики и низкой деловой активности. Находясь на понижательной стадии, экономика развивается неустойчиво, впадая в глубокие кризисы. На рис. 1 теория длинных волн Н.Д. Кондратьева представлена схематично.

Рис. 1: Циклы Н.Д. Кондратьева.

Fig. 1: N.D. Kondratiev's cycles.



Н.Д. Кондратьев в своих работах обосновывал закономерную связь повышательных и понижательных стадий больших циклов с волнами технологических изобретений [7].

Выдающийся экономист Й. Шумпетер разработал инновационную теорию экономического развития, связав инновации и фазы циклов Кондратьева [8]. В своих работах Й. Шумпетер, рассматривает инновации как «вихрь созидательного разрушения», который подрывает равновесие действующей экономической парадигмы, вызывает уход с рынка устаревших технологий и исчерпавших себя организационных структур, приводит к появлению новых, более жизнеспособных для конкретной фазы экономического развития отраслей, что вызывает рост экономики и повышение благосостояния населения. Для инновационной теории Й. Шумпетера, большие циклы Кондратьева имеют принципиально значение.

В период депрессии, экономические агенты, как никогда стремятся выжить в условиях неопределенности, как бы «ощущая» на себе смену технико-экономического уклада. В подобных условиях единственно возможным способом решения проблемы «выживания» для участников экономической системы, оказывается инновационный процесс.

Американский экономист К. Фримен, в своих работах по исследованию циклов деловой активности, описывает процесс «сцепления» нововведений в одну систему, которая впоследствии образует кластер инноваций [9].

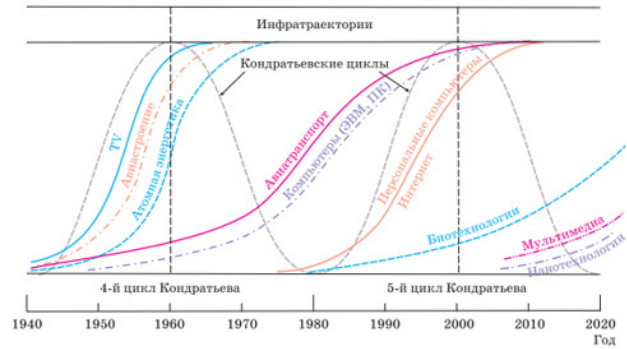
В свою очередь, М. Хироока, в своих исследованиях доказал наличие тесной корреляции диффузии инноваций и больших циклов Кондратьева. Диффузия инноваций обладает четким механизмом самоорганизации и собирает определенный, выборочный кластер инноваций вдоль повышательной линии тренда большого цикла Кондратьева. Теория М. Хироока схематично представлена на рис. 2 [10].

М. Хироока разделяет инновационную парадигму на три логистические траектории: технологическая траектория, разработка и диффузия.

Технологическая траектория – это совокупность «ключевых» технологий, которые возникли в результате научного открытия или технического изобретения. Траектория

Рис. 2: Диффузия инноваций вдоль подъемов циклов Кондратьева.

Fig. 2: Diffusion of Innovations along the Upswings of Kondratiev Cycles.



разработки – это совокупность продуктов, которые были получены путем применения ключевых технологий. По мнению М. Хироока, траектория разработки является самой важной, так как именно здесь происходит внедрение технологического знания, создание венчурных предприятий и дальнейшая коммерциализация инновации. Структура инновационной парадигмы представлена на рис. 3.

Рис. 3: Инновационная парадигма с тремя траекториями.

Fig. 3: Three-Trajectory Innovation Paradigm.



М. Хироокой был проведен детальный анализ логистических траекторий развития и установлено, что в 2010-2015 гг. начинается интенсивная диффузия инновационных продуктов, которая запускает предстоящий большой цикл Кондратьева, с последующим подъемом в 2020-2050 года [10].

В свою очередь, Г. Меншу принадлежит ввод в теорию цикличности -такого понятия как «триггерный эффект депрессии», у Й. Шумпетера этот процесс назван «созидательным разрушением». По мнению Г. Менша, именно депрессия заставляет предприятия искать любую возможность для выживания и инновационный процесс может их предоставить. Запуск большого цикла Кондратьева происходит за счет образования нового кластера технологий, который, в свою очередь, формируется путем диффузии инноваций вокруг повышательной линии тренда [11].

В совместной работе А. Акаева и М. Хироока разработана модель прогнозирования траектории динамики инновационно - экономического развития путем сложения суммарной добавленной стоимости, генерируемой базисными инновациями, а также добавленной стоимости, создаваемой институциональными изменениями, обусловленными инфратраекториями [12].

Среди базисных технологий для пятого технологического уклада (1980–2020 гг.) М. Хироока определяет микроэлектронику, нефтегазовую энергетику, персональные компьютеры, информационные технологии, робототехнику. Среди базисных технологий для шестого технологического уклада (2020–2060 гг.) М. Хироока определяет нанотехнологии,

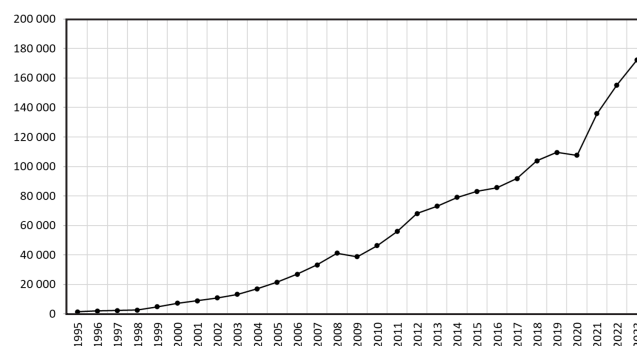
альтернативную энергетику, глобальные информационные сети, фотонику и оптоинформатику. Модель позволяет рассчитать суммарный вклад в ВВП от инфратраекторий, однако требуется учесть вклад других групп, так как они также пересекают циклы Кондратьева и иллюстрирует связь будущего с прошлым через настоящее.

Помимо общеизвестных теорий экономической динамики следует отметить исследования, относящиеся к настоящему времени. Среди авторов, изучающих вопросы прогнозирования экономического роста с учетом фаз экономических циклов следует отметить Акаева А.А. В своих работах он продолжает развивать положения теории Шумпетера-Кондратьева, изучая динамику мирохозяйственного развития и перспектив мирового экономического роста [1–5].

Однако, анализ такого агрегированного макроэкономического показателя как валовой внутренний продукт не отображает поведение экономической системы в концепции теории экономических циклов. ВВП суммирует все виды экономической деятельности, не выделяя структурных изменений в экономике. Динамика ВВП Российской Федерации демонстрирует устойчивый рост (рис. 4), несмотря на заметные падения в 2009 г и 2020 г., повторяющие движение мировой экономики.

Рис. 4: Динамика ВВП РФ за период 1995–2023 г.г.

Fig. 4: Dynamics of GDP of the Russian Federation for the period 1995–2023.



Цикличность проявляет себя по-разному в различных отраслях экономики, в то время как агрегированные макроэкономические показатели усредняют данное различие.

Теоретическая база исследований экономической динамики весьма обширна и имеет ряд подходов, некоторые из них подтверждают и детализируют друг друга, иные – рассматривают экономические процессы с различных позиций. Исследователи основывали выводы и модели на макроэкономических показателях, анализировали процессы, протекающие на уровне государства или ряда стран. Моделирование основного направления развития экономики страны позволяет отдельным отраслям и предприятиям сформировать стратегический план на долгосрочную перспективу, что обуславливает необходимость более детального исследования экономического роста по отраслям. Работа посвящена исследованию динамических рядов статистических данных отраслей экономики Российской Федерации и обоснованию отраслевого подхода при исследовании и моделировании процессов развития экономики страны. В статье предлагается разработать подход к классификации отраслей на основании значений коэффициента вариации и темпов роста статистических показателей отраслевого развития. Коэффициент вариации характеризует степень разброса значений данных от среднего значения, что показывает степень стабильности отрасли. Темп роста отражает динамику развития отрасли.

1. Методы

Анализ теоретических подходов к исследованию экономических циклов и выявлению тенденций экономического роста показал, что ученые рассматривали агрегированные по-

казатели. Однако макроэкономические показатели не выявляют специфику отдельных отраслей. Каждый вид экономической деятельности имеет свои особенности и по-разному реагирует на внешние и внутренние изменения. Скорость внедрения инноваций и технологий, эффективность автоматизации производственных процессов, зависимость от международных связей, наличие фактора сезонности – это и многое другое обуславливает значительные различия в моделировании динамики отраслей. Для сравнительного анализа отраслей в данном исследовании используем коэффициент вариации v и темп роста TR соответствующих показателей:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}}, \\ \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \\ TR = \frac{x_n}{x_1}. \end{array} \right.$$

Здесь x_i – значение исследуемого показателя за i -ый период, n – количество временных периодов.

Анализ коэффициента вариации позволяет выявить отрасли с нестабильной динамикой, определить показатели, имеющие колебания и отклонения от среднего. С другой стороны, отрасли, отличающиеся стабильностью в своем развитии, также интересны для анализа и должны быть рассмотрены отдельно от отраслей, имеющих высокий уровень волатильности. Однако, помимо оценки и анализа величины отклонения от среднего, следует учесть темп роста – отношение данных последнего года к значению первого года анализируемого периода.

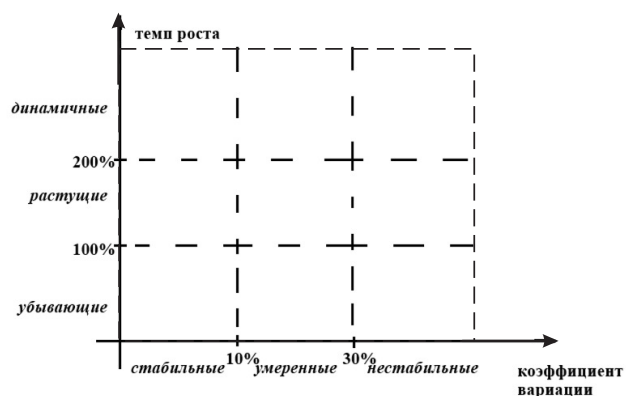
На основании значений коэффициента вариации примем следующую градацию для отраслей экономики: коэффициент вариации менее 10 % указывает на низкую изменчивость данных и высокую однородность, такие отрасли можно назвать стабильными; коэффициент вариации от 10 % до 30 % указывает на умеренную изменчивость данных, будем называть такие отрасли умеренными; коэффициент вариации более 30 % указывает на высокую изменчивость данных и их значительный разброс относительно среднего значения, такие отрасли можно охарактеризовать как нестабильные. Темп роста как изменение показателя за весь рассматриваемый период может иметь значения менее 100 %, что соответствует снижению рассматриваемого показателя и говорит об убывающем тренде в данной отрасли. Темп роста от 100 % до 200 % свидетельствует о возрастающем тренде показателя отрасли. Если темп роста более 200 %, то такой показатель характеризует динамично развивающуюся отрасль.

Темп роста за весь исследуемый период позволит определить изменение показателя экономической динамики и в совокупности с анализом коэффициента вариации классифицировать отрасли в соответствии с предложенными терминами (рис. 5).

Основываясь на предложенном делении показателей отраслей экономики по значениям коэффициента вариации и темпа роста, можно выделить отрасли с различными характеристиками. Подобная классификация позволит определить схожие подходы к моделированию показателей отраслей, отнесенных к одной группе. В целях наиболее полного анализа отраслей, следует рассмотреть несколько показателей, к примеру валовую добав-

Рис. 5: Границы деления показателей отраслей экономики.

Fig. 5: Boundaries of division of indicators of economic sectors.



ленную стоимость, как показатель результата функционирования отрасли; оборот организаций отрасли, как финансовый показатель деятельности; инвестиции как показатель вложений в развитие отрасли.

2. Результаты

Проанализируем отраслевую структуру ВВП в Российской Федерации в контексте инновационно-циклической теории. В целях анализа отраслевой структуры рассмотрим значения следующих отраслевых показателей: валовая добавленная стоимость по отраслям экономики, оборот организаций, инвестиции. Каждый из показателей проанализируем по всем отраслям экономики и выделим основные группы отраслей, обладающие схожей динамикой с целью выработки отдельных подходов к моделированию их показателей.

На рис. 6 представлено распределение отраслей экономики РФ по значениям коэффициента вариации и темпов роста валовой добавленной стоимости (ВДС) за период 2011–2022 годов. Представляют интерес отрасли, координаты которых существенно отдалены от общего скопления точек на графике, а значит демонстрируют отличие от большинства отраслей.

По показателю НДС основная часть отраслей попала в категории стабильных и умеренных, имеющих в основном увеличивающиеся показатели темпа роста.

Только четыре отрасли попали в категорию нестабильных динамичных отраслей – это «Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях», «Производство готовых металлических изделий, кроме машин и оборудования», «Ремонт и монтаж машин и оборудования», «Разработка компьютерного программного обеспечения, консультационные услуги в данной области и другие сопутствующие услуги; деятельность в области информационных технологий».

За исследуемый период данные виды экономической деятельности показали значительные темпы роста НДС, сопровождающиеся значительными отклонениями от среднего значения, что существенно отличает их от других отраслей.

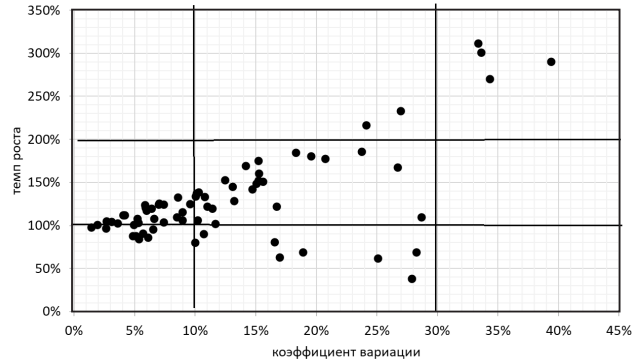
На рис. 7 представлена динамика НДС для отдельных отраслей, что наглядно показывает существенные различия в тренда, в то время, как агрегированный показатель имеет устойчивый возрастающий тренд без колебаний.

Отметим, что модель ВВП представляет собой степенную функцию

$$\begin{cases} y = 195.59t^2 - 276.36t + 1605.1, \\ R^2 = 0.986, \end{cases}$$

Рис. 6: Соотношение коэффициента вариации и темпа роста валовой добавленной стоимости по отраслям экономики за 2011–2022 г.г.

Fig. 6: The ratio of the coefficient of variation and the growth rate of gross value added by economic sector for 2011–2022.



в то время, как моделирование динамики ВДС отдельных отраслей дает результат в виде линейного тренда с колебательной компонентой для разработки ПО и сопутствующих услуг

$$\begin{cases} y = 85.07t + 330.4 + 60 \cos(0.7t + 5), \\ R^2 = 0.99, \end{cases}$$

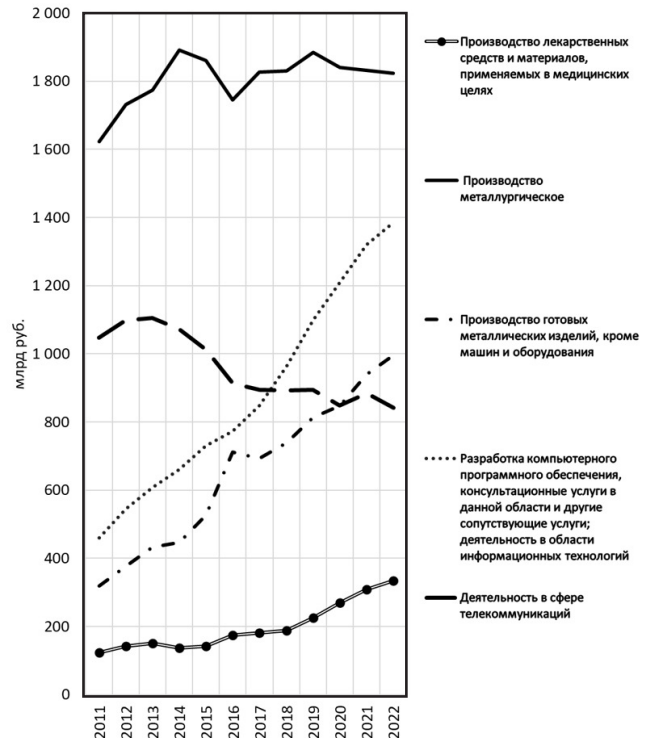
экспоненциальной функции для производства лекарственных средств

$$\begin{cases} y = 105.62 e^{0.0887t}, \\ R^2 = 0.936. \end{cases}$$

Существенные различия в характере изменений ВДС по отраслям подтверждает необходимость отраслевого подхода при моделировании и исследовании экономического роста.

Рис. 7: Динамика ВДС отдельных отраслей экономики.

Fig. 7: Dynamics of GVA of individual sectors of the economy.



Рассмотрим показатель оборота организаций Российской Федерации за 2017-2023 гг.

и проанализируем отдельные отрасли.

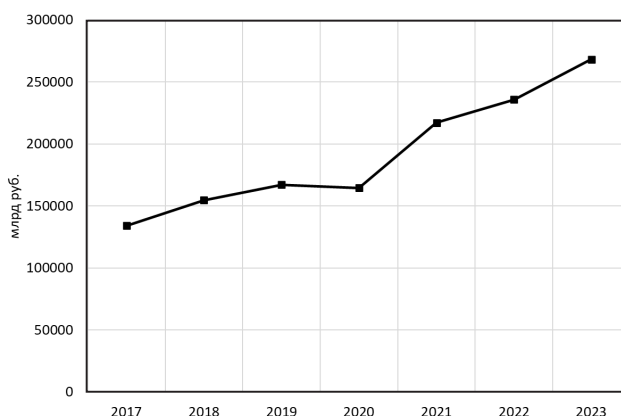
Агрегированный показатель оборота организаций представлен на рис. 8 и демонстрирует возрастающий тренд без колебаний, кроме значения 2020 года, спад которого объясняется пандемией COVID-2019.

Его динамику можно описать линейной функцией

$$\begin{cases} y = 21970t + 103764, \\ R^2 = 0.932. \end{cases}$$

Рис. 8: Динамика показателя оборота организаций РФ.

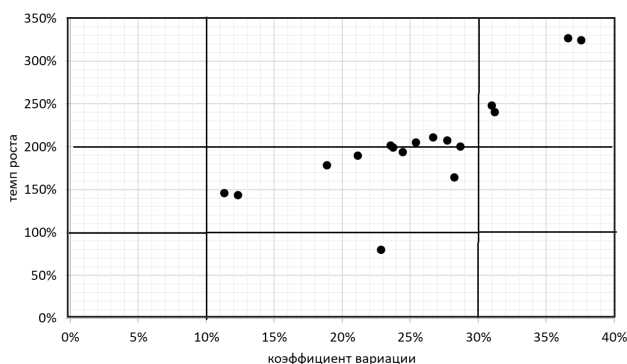
Fig. 8: Dynamics of the turnover indicator of Russian organizations.



Соотношение коэффициента вариации и темпов роста показателя оборота организаций по отраслям экономики представлено на рис. 9. Отрасли с максимальными значениями коэффициента обнаруживают нехарактерные, отличные от страновых, значения коэффициента вариации и темпов роста.

Рис. 9: Соотношение коэффициента вариации и темпа роста оборота организаций по отраслям экономики за 2005–2023 г.г.

Fig. 9: The ratio of the variation coefficient and the growth rate of turnover of organizations by economic sector for 2005–2023.



Следует отметить существенные отклонения, отображенные на диаграмме рисунка 9: строительство показало темп роста 241 %, деятельность в области информации и связи – 249 % за исследуемый период. На рис. 10 графики оборота организаций за 2005–2023 года наглядно показывают существенные различия в динамике показателя разных отраслей, которые в агрегированном показателе не отображаются.

При моделировании динамики оборота организаций различных отраслей экономики следует применять различные функции, отражающие соответствующую специфику.

Например, для моделирования оборота организаций сельского хозяйства, охоты, ры-

боловства и рыбоводства следует использовать экспоненциальную зависимость

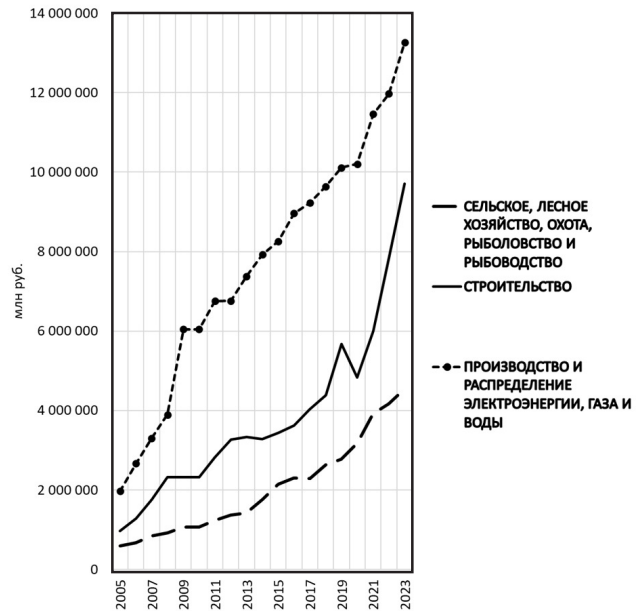
$$\begin{cases} y = 571472 e^{0,1101t}, \\ R^2 = 0.992, \end{cases}$$

модель оборота организаций по производству и распределению электроэнергии, газа и воды имеет линейный вид

$$\begin{cases} y = 558772t + 2 \cdot 10^6, \\ R^2 = 0.973. \end{cases}$$

Рис. 10: Динамика оборота предприятий отдельных отраслей.

Fig. 10: Dynamics of turnover of enterprises in individual industries.



Объем инвестиций в основной капитал характеризует потенциальный возможности развития производства, перспективность его деятельности и внедрения технологий.

На рис. 11 агрегированный показатель инвестиций в основной капитал по Российской Федерации показывает устойчивый возрастающий тренд и описывается квадратичной функцией

$$\begin{cases} y = 290t^2 - 1129.9t + 15226, \\ R^2 = 0.983. \end{cases}$$

Рассмотрим представленные на рис. 12 значения коэффициента вариации и темпов роста за период 2014-2023 годов для отраслей экономики и сопоставим их значения, выявив наиболее стабильные и динамичные отрасли.

Существенно отличаются показатели следующих видов деятельности: ремонт и монтаж машин и оборудования (коэффициент вариации составил 92 %, темп роста – 725 %), рыболовство и рыбоводство (коэффициент вариации 63 %, темп роста 725 %).

Темпы роста инвестиций за рассматриваемый период практически по всем отраслям показывают возрастающую динамику за исключением производства мебели (темп роста 82 %), производства одежды (темп роста 93 %) и производства автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов (темп роста 95 %).

Рис. 11: Объем инвестиций в основной капитал РФ.

Fig. 11: Volume of investments in fixed capital of the Russian Federation.

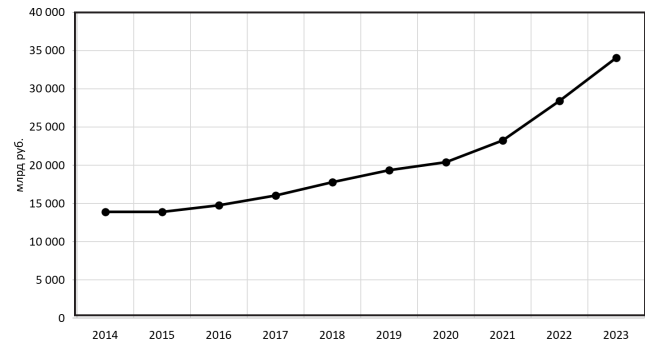
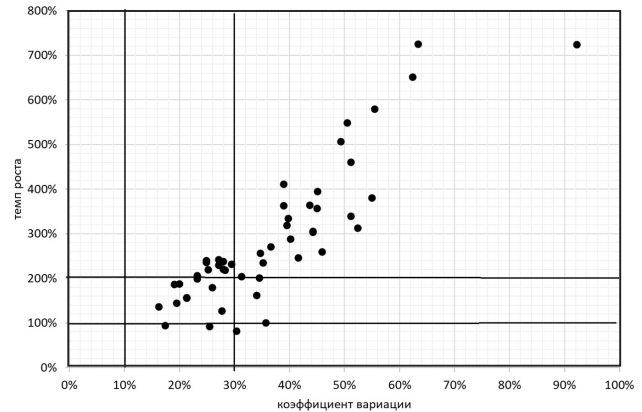


Рис. 12: Соотношение коэффициента вариации и темпа роста инвестиций в основной капитал по отраслям экономики за 2014 – 2023 г.г.

Fig. 12: The ratio of the coefficient of variation and the growth rate of investment in fixed capital by economic sector for 2014–2023.



Анализ отраслей экономики, произведенный по таким показателям, как валовая добавленная стоимость, оборот предприятий и инвестиции в основные фонды, выявил существенные различия в динамике отраслей.

Коэффициент вариации, характеризующий степень отклонения от среднего значения, по отдельным отраслям достигал 325 % от обороту организаций, что говорит о существенных отклонениях от среднего значения.

Темп роста также имел значительные различия в значениях отдельных отраслей от 28 % до 312 % для показателя валовой добавленной стоимости.

При этом следует отметить довольно равномерный характер динамики агрегированных показателей, демонстрирующих возрастающий тренд без существенных колебаний.

Заключение

1. Отмечено, что предприятия и организации в условиях рыночной экономики сталкиваются с проблемами стратегического планирования и прогнозирования своего развития.
2. Показано, что рациональный подход к данному процессу должен быть основан на изучении экономической ситуации в стране и анализе макроэкономических показателей.
3. Установлено, что агрегированные макроэкономические показатели не способны представить полной картины действий экономических агентов, поскольку представляют общие данные, не выявляя специфику отдельных отраслей.
4. Выявлены недостатки анализа агрегированных макроэкономических показателей при моделировании экономической динамики в целях разработки стратегии предприятий и организаций.
5. Предложено и обосновано применение отраслевого подхода при моделировании и

исследовании динамики показателей деятельности предприятий различных отраслей.

6. Предложен метод классификации отраслей экономики на основании значений коэффициента вариации и темпов роста исследуемого показателя отрасли.
7. Указаны отрасли, имеющие существенные отклонения от среднего значения и высокие показатели темпов роста по исследованным показателям валовой добавленной стоимости, оборота предприятий, инвестиций в основные фонды.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Акаев А.А. Анализ решений общего уравнения макроэкономической динамики // Экономика и математические методы. – 2008. – Т. 44. – № 3. – С. 62–78. EDN: JRFUUD.
2. Акаев А.А. Вывод общего уравнения макроэкономической динамики, описывающего совместное взаимодействие долгосрочного роста и деловых циклов // Доклады Академии наук. – 2007. – Т. 417. – № 4. – С. 439–441. EDN: IVKСХР.
3. Акаев А.А., Садовничий В.А. О динамике мирохозяйственного развития в свете нового подхода к прогнозированию // Век глобализации. – 2009. – № 2 (4). – С. 3–16. EDN: MTKRET.
4. Акаев А.А. Анализ состояния и перспектив мирового экономического роста на основе теории Шумпетера–Кондратьева // Экономика и управление. – 2011. – № 2 (64). – С. 9–15. EDN: NDIFKPT.
5. Туган–Барановский М.И. Промышленные кризисы: Очерки из социальной истории Англии. – 2-е изд. – С.-Петербург: Издание О.Н. Поповой. – 1900. – 335 с.
6. Перес К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания // Пер. с англ. Ф.В. Маевского. М.: Изд-во «Дело» АНХ. – 2011. – 231 с. ISBN: 978-5-7749-0626-0.
7. Кондратьев Н.Д., Яковец Ю.В., Абалкин Л.И. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. – М.: Экономика. – 2002. – 550 с.
8. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. – М.: Эксмо, 2008. – 864 с. ISBN: 978-5-699-19290-8.
9. Freeman Ch. (ed). Long Wave in the World Economy // International Library of Critical Writings in economics. Aldershot: Edwards Elgar. – 1996. – 678 p.
10. Hirooka M. Innovation Dynamism and Economic Growth. A Nonlinear Perspective. – Chettenham, UK; Northampton, MA, USA, Edward Elgar. – 2006. – 488 p.
11. Mensch G. Stalemate in Technology Innovations Overcame the Depression. – New York: Ballinger Publishing Company. – 1979. – 241 p.
12. Акаев А.А., Хироока М. Об одной математической модели для долгосрочного прогнозирования динамики инновационно-экономического развития // Доклады Академии наук. – 2009. – Т. 425. – № 6. – С. 727–732. EDN: JXPACF.
13. Aghion P., Howitt P. A Model of Growth through Creative Destruction // Econometrica. – 1992. – Vol. 60. – pp. 323–351.
14. Burns A.F., Mitchell W.C. Measuring Business Cycles. – N.Y.: NBER. – 1946. – 560 p.
15. Kuznets S. Secular Movements in Production and Prices // Their Nature and their Bearing upon Cyclical Fluctuations. Boston: Houghton Mifflin. – 1930. – 536 p.
16. John D. Sterman A behavioral model of the economic long wave // Journal of Economic Behavior & Organization. – 1985. – Т. 6 (1). – pp. 17–53. DOI: 10.1016/0167-2681(85)90023-X.

Justification of the sectoral approach in the study and modeling of economic dynamics processes

E. P. Rostova, N. A. Cherkasova

Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article is devoted to the analysis of theoretical approaches to the study of economic cycles and modeling of economic dynamics that determine the phases of the cycle based on macroeconomic indicators, aggregated data and an industry approach. The specifics of each individual industry and the features of its response to external and internal economic changes are taken into account. The indicators of gross added value, turnover of organizations, investments by industries of the economy for the period since 2005 are considered. The analysis made it possible to group industries depending on the nature of their dynamics.

Keywords: economic growth; cycles; dynamics; industry approach; statistical analysis; classification of industries.

Received: Saturday 5th October, 2024 / Revised: Monday 4th November, 2024 /
Accepted: Wednesday 4th December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Akaev A.A. Analysis of solutions of the general equation of macroeconomic dynamics // Economics and Mathematical Methods. – 2008. – Vol. 44. – No. 3. – pp. 62–78. EDN: JRFUUD. (In Russ.)
2. Akaev A.A. Derivation of a general equation of macroeconomic dynamics describing the joint interaction of long-term growth and business cycles // Reports of the Academy of Sciences. – 2007. – Vol. 417. – No. 4. – pp. 439–441. EDN: IBKXP (In Russ.)

Mathematical Statistical and Instrumental Methods of Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Rostova E. P., Cherkasova N. A. Justification of the sectoral approach in the study and modeling of economic dynamics processes, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 89–101. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-89-101> (In Russian).

Authors' Details:

Elena P. Rostova  <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

Dostor of Economics, associate professor; head the Department of Mathematics and Business Informatics;
e-mail: rostova.ep@ssau.ru

Natalia A. Cherkasova  <http://orcid.org/0009-0008-8623-3839>

Postgraduate Student of the Department of Mathematics and Business Informatics;
e-mail: cherkasova.na@ssau.ru

3. Akaev A.A., Sadovnichy V.A. On the dynamics of world economic development in light of a new approach to forecasting // *Century of globalization*. – 2009. – No. 2 (4). – pp. 3–16. EDN: MTXRET. (In Russ.)
4. Akaev A.A. Analysis of the state and prospects of world economic growth based on the Schumpeter–Kondratiev theory // *Economics and Management*. – 2011. – No. 2 (64). – pp. 9–15. EDN: NDIFKPT. (In Russ.)
5. Tugan–Baranovsky M.I. *Industrial crises: Essays from the social history of England*. –2nd ed. – St. Petersburg: O.N. Popova publication. – 1900. – 335 p. (In Russ.)
6. Perez K. *Technological Revolutions and Financial Capital. Dynamics of Bubbles and Periods of Prosperity* // Translated from English by F.V. Maevsky. Moscow: Delo Publishing House of the Academy of National Economy. – 2011. – 231 p. ISBN: 978-5-7749-0626-0. (In Russ.)
7. Kondratiev N.D., Yakovets Yu.V., Abalkin L.I. *Large cycles of economic conditions and the theory of foresight*. – Moscow: *Economica*. – 2002. – 550 p. (In Russ.)
8. Schumpeter J.A. *Theory of Economic Development. Capitalism, Socialism and Democracy*. – Moscow: Eksmo, 2008. – 864 p. ISBN: 978-5-699-19290-8. (In Russ.)
9. Freeman Ch. (ed). *Long Wave in the World Economy* // *International Library of Critical Writings in economics*. Aldershot: Edwards Elgar. – 1996. – 678 p.
10. Hirooka M. *Innovation Dynamism and Economic Growth. A Nonlinear Perspective*. – Chettenham, UK; Northampton, MA, USA, Edward Elgar. – 2006. – 488 p.
11. Mensch G. *Stalemate in Technology Innovations Overcame the Depression*. – New York: Ballinger Publishing Company. – 1979. – 241 p.
12. Akaev A.A., Hirooka M. On one mathematical model for long-term forecasting of the dynamics of innovation-economic development // *Reports of the Academy of Sciences*. – 2009. – Vol. 425. – No. 6. – pp. 727–732. EDN: JXPACF. (In Russ.)
13. Aghion P., Howitt P. *A Model of Growth through Creative Destruction* // *Econometrica*. – 1992. – Vol. 60. – pp. 323 – 351.
14. Burns A.F., Mitchell W.C. *Measuring Business Cycles*. – N.Y.: NBER. – 1946. – 560 p.
15. Kuznets S. *Secular Movements in Production and Prices* // *Their Nature and their Bearing upon Cyclical Fluctuations*. Boston: Houghton Mifflin. – 1930. – 536 p.
16. John D. Stermann *A behavioral model of the economic long wave* // *Journal of Economic Behavior & Organization*. – 1985. – Vol. 6 (1). – pp. 17–53. DOI: 10.1016/0167-2681(85)90023-X.

УДК 336.761.6:330.342.146

К вопросу о современных функциях рынка ценных бумаг в социально-экономическом развитии России

Т. В. Алайцева

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С.П. Королева, Россия, 443086, Самара, ул. Московское шоссе, д. 34.

Аннотация

В статье представлена оценка функций рынка ценных бумаг в России в современных условиях, учитывающая разрыв связей с мировыми рынками ценных бумаг и тенденций развития рынка и его типовых операций. Отражена ключевая роль рынка ценных бумаг как основного индикатора в оценке компаний и перспектив их развития, для наиболее рационального формирования инвестпортфеля фирмы. Уточнены группы параметров, которые необходимо применять для наиболее точной оценки стоимости и динамики роста конкретного бизнеса в зависимости от отрасли, сферы деятельности, внутренних факторов на современном этапе. Приведена связь функционирования рынка ценных бумаг с социально-экономическим развитием регионов на базе выпуска муниципальных облигаций.

Ключевые слова: акции; облигации; инвестиционный портфель; акционерное общество; ценообразование; курс ценных бумаг.

Получение: 21 сентября 2024 г. / Исправление: 21 октября 2024 г. /

Принятие: 20 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Введение

В условиях беспрецедентного санкционного давления на российскую экономику возрастает роль бережного и ответственного отношения к сохранению и активному использованию рыночных институтов, позволяющих повысить эффективность деятельности компаний и инвесторов на микро- и макроуровне. Увеличение масштабов рынка ценных бумаг,

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

📄 ©️🌐 Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Алайцева Т. В. К вопросу о современных функциях рынка ценных бумаг в социально-экономическом развитии России // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 102–113. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-102-113>.

Сведения об авторе:

Татьяна Васильевна Алайцева  <http://orcid.org/0009-0008-3408-2231>

к.э.н., доцент; доцент кафедры общего и стратегического менеджмента; e-mail: alaytv@gmail.com

Tatyana V. Alaytseva  <http://orcid.org/0009-0008-3408-2231>

Ph.D. in Economics, Associate Professor; Associate Professor of the Department of General and Strategic Management; e-mail: alaytv@gmail.com

грамотное регулирование со стороны государства, современная техническая оснащенность операций могут сделать рынок цивилизованным, а инвестиционные риски контролируемы.

Актуальность темы обосновывается тем, что проблемы обособленного осуществления операций, необходимости и допустимости действий, субъективных и спекулятивных факторов рынка ценных бумаг современны, значимы для большей части инвесторов и функционирующих организаций и являются предметом обсуждения и анализа. Особую значимость приобретают проблемы действия объективных факторов, которые не только сохраняют свое значение для социально-экономического развития России, но в перспективе будут применяться все шире.

Целью работы является исследование современной трансформации функций рынка ценных бумаг в России. Реализация поставленной цели предполагает решение новых задач, связанных с выявлением возможностей применения параметров рынка для наиболее точной оценки стоимости и динамики роста конкретного бизнеса.

Практическая значимость исследования заключается в том, что в ходе исследования на основе анализа данных и обобщения теоретического материала сделан вывод о необходимости использования инструментов и информации рынка как важнейшего индикатора для индивидуальных и коллективных инвесторов, для продуктивного формирования инвестиционного портфеля компаний и для расширения возможностей создания и эффективной эксплуатации общественных благ при посредстве выпуска муниципальных облигаций.

Исследование современных функций рынка ценных бумаг позволило сделать вывод о необходимости ответственного подхода к исследованиям, предполагающего очень осторожное отношение к научным категориям и механизмам социально-экономического развития при изменении геополитической ситуации и отношений в мировой экономике.

1. Ход исследования

В основе экономического развития и социально-экономического прогресса общества находится расширенное воспроизводство общественного продукта на основе инвестиций. Оно может осуществляться в качественно неизменном виде, просто масштабируя имеющиеся производственные мощности и инфраструктуру. Но может быть и основанным на применении инноваций, в форме модернизации элементов национальной экономики.

В любом случае в центре процесса развития находится фигура инвестора – частного, коллективного или государственного. Инвесторы становятся условием и фактором экономического роста, несомненно, заслуживают внимания и создания информационной среды для наиболее эффективного функционирования.

При всех формах организации общественного воспроизводства главной целью инвестора является получение стабильного и долгого дохода от осуществляемых инвестиций. Способы вложений средств могут быть разными: либо одномоментно в начале процесса инвестирования, либо с дополнительно распределенными во времени вложениями. Но смыслом любого вида инвестирования является поток доходов, получаемых с распределением во времени.

Инвестирование может осуществляться в реальный капитал, или в форме создания инвестором нового производства, или в форме прямого долевого участия в капитале (совместно с другими заинтересованными участниками процесса, известными данному инвестору). Основная цель инвестирования от этого не меняется.

Другим распространенным вариантом могут быть обезличенные вложения, например, в акции. Здесь инвестор не вступает в личностные взаимоотношения, может иметь сла-

бое представление о сущности и организации производственных процессов. Это обычно одномоментное вложение, покупка акций.

Курс (рыночная цена) ценной бумаги является фактором, отражающим как состояние национальной экономики, так и положение предприятия – акционерного общества (АО). Объясняется это тем, что ценная бумага – особая сущность капитала, не схожая с его денежной (финансовой), производительной или товарной формами.

Само владение акцией обеспечивает право на получение части дохода акционерного общества с периодической выплатой в форме дивидендов. Можно утверждать, что при приобретении акций покупатель получает некий денежный поток. По природе своей этот поток бессрочен и даже бесконечен, поскольку данная ценная бумага по сути своей бессрочная.

Доход от владения ценной бумагой как основной интерес инвестора также является индикатором состояния рынка вне зависимости от того, активно ли осуществляются международные экономические связи или по каким-либо причинам объем и структура экономической активности страны на мировом рынке снизились [1].

При этом надежность вложения в ценные бумаги зависит не только от состояния экономики и результатов деятельности фирмы, но и от параметров государственного регулирования рынка ценных бумаг, степени защиты и гарантий со стороны государства.

Торговля ценными бумагами осуществляется в конкретных условиях, определяющих ценообразование на активы. Факторы влияния могут носить:

- объективный характер;
- субъективный характер;
- спекулятивный характер.

К объективным факторам ценообразования можно отнести те, что связаны с уровнем эмиссии ценных бумаг, то есть уровнем компаний, эмитировавших ценные бумаги. Эта группа факторов связана с качеством и состоянием реального (чаще производительного) капитала, на базе которого и осуществлена эмиссия. Этот параметр во многом определяется принадлежностью компании к определенной отрасли. Определяющими факторами являются финансовые показатели в динамике. Также важна доля прибыли, подлежащей распределению на выплаты в форме дивидендов в текущем периоде.

Важным фактором является величина собственного пакета акций предприятия. Этот фактор определяет уровень ликвидности: чем меньше ценных бумаг находится в свободном обращении, тем ниже уровень ликвидности, и наоборот.

Эти микроуровневые параметры дают первичные оценки безопасности и перспективности инвестирования. Также есть возможность оценить текущий доход акционеров. Доход в форме дивидендов получается регулярно, но его невозможно получить в произвольный период, по своему желанию или чаще, чем производится выплата дивидендов.

Если этот же объем инвестиций также поступает на рынок ценных бумаг, но используется в спекулятивных целях, то есть купля-продажа акций осуществляется с целью получения дохода от курсовой разницы, то за этот же период владения ценными бумагами сделок может быть сколько угодно много, и это может быть даже более привлекательно для инвестора, но и гораздо более рискованно и менее гарантированно.

Следует отметить, что приобретение акций дает право участия в управлении АО в форме права голоса на общем собрании акционеров, а также дополнительные полномочия в зависимости от размера пакета акций данного АО, принадлежащих инвестору [2].

Таким образом, долгосрочного инвестора в акции интересует поток доходов нарастающим итогом, а спекулянта (трейдера, торговца на рынке ценных бумаг) интересует

ликвидность – способность ценной бумаги легко, быстро и без потерь обратиться в деньги.

Ликвидность представляет собой показатель, не только отражающий интерес рынка к ценной бумаге, но и становится измерителем этого интереса. Основным параметром ликвидности при этом является количество ценных бумаг, составляющих объем сделок за период.

На макроуровне анализируется движение капиталов между отраслями, что отражает структурные изменения в экономике на перспективу. Также определяющими факторами являются параметры рынка товаров, недвижимости, информации и других для определения перспектив альтернативного инвестирования.

Интерес к приносящей доход, перспективной ценной бумаге совпадает с интересом к АО, который, в свою очередь, объясняется значимостью АО для национальной экономики, его ролью в отрасли, в системе рынков.

Таким образом, можно утверждать, что ликвидность как интерес спекулятивных операций, также является индикатором состояния АО и его значимости с позиции общественных интересов.

Тренды на рынке ценных бумаг на длительную перспективу обычно приводят к последствиям в виде регулирования цен: недооцененные ценные бумаги будут дорожать, переоцененные, соответственно, терять в цене, что приведет к соответствию рыночной цены и реальной (фундаментальной) стоимости ценной бумаги. Обычно, но не всегда.

Например, «ВТБ-инвестиции» в январе 2024 г. назвали 5 наиболее недооцененных акций российских компаний. Все данные таблицы 1 взяты с сайта Московской биржи [3].

Таблица 1: Наиболее недооцененные акции российских компаний по версии «ВТБ-инвестиции».

Table 1: The most undervalued shares of Russian companies according to VTB Investments.

Эмитент	Рыночная цена на 1.01.2024, руб.	Потенциал роста рыночной цены, руб.	Потенциал роста, %	Рыночная цена на 1.12.24, руб.	Фактический рост/падение, %
Южуралзолото	0.64	0.8	25	0,64	0
Лукойл	7378	8897	30	6863	-0.0698
Северсталь	1661	2242.35	35	1112	-0.33052
Алроса	71,47	100.058	40	49.54	-0.30684
Совкомфлот	142	213	50	85.6	-0.39718
Индекс МОЭКС	3214.2			2554.05	-0.20539

По результатам торгов на Московской бирже только акции ПАО «Лукойл» оказались лучше рынка (значения индекса МОЭКС).

Таким образом, для принятия инвестором наиболее эффективных инвестиционных решений на основе параметров функционирования рынка ценных бумаг необходимо оценивать:

1. Денежный поток, формируемый дивидендами;
2. Соответствие рыночной цены (курсовой стоимости) ценной бумаги и ее фундаментальной (базовой, истинной) стоимости.

При этом необходимо учитывать, что величина указанных показателей может существенно отличаться в зависимости от принадлежности компании к определенной отрасли

и сфере деятельности. Для одних сфер может быть присуща высокая доходность по дивидендам и одновременно невысокие темпы роста прибыли. Это, как правило, касается традиционных отраслей, устойчивых параметров деятельности. В то время как, например, компании сферы высоких технологий обычно отличаются быстрым и существенным увеличением прибылей, но не выплачивают при этом дивиденды годами, активно инвестируя прибыли, что не нарушает законодательство о рынке ценных бумаг.

Для наиболее точной оценки стоимости, динамичности роста, места и роли компании в отрасли и в целом в национальной экономике, могут быть применены следующие группы параметров:

1. Показатели оценки стоимости;
2. Показатели рентабельности;
3. Темпы роста компании;
4. Показатели финансовой устойчивости.

Естественно, что оценка фирмы имеет смысл только как сравнительная, в единстве с оценкой по аналогичным параметрам других предприятий отрасли. Несомненно, что темпы роста фирмы, привлекательной с позиций инвестирования, не могут быть ниже темпов роста отрасли, других оценок. При этом одновременно нужно обращать внимание и на другие показатели. К примеру, если дивидендная доходность опережает темпы роста прибыли и эта тенденция сохраняется длительное время, то следует ожидать, что прибыль постепенно перестанет использоваться для развития, а вся будет поглощена дивидендами. Другой важный аспект функционирования рынка ценных бумаг состоит в возможности создать условия для наиболее рационального формирования инвестиционного портфеля, выбирая между нахождением средств предприятия на банковских счетах и распределением этих средств между разнообразными активами [4].

В этом случае предприятия выступают как особые инвесторы, а инвестпортфель может рассматриваться и как средство получения дополнительного дохода, и возможного залога, и как инструмент влияния.

Требования к такому распределению активов стандартны и понятны:

- приемлемый (на уровне среднерыночного) уровень доходности;
- приемлемый (минимально возможный) общий по сумме возможных вложений инвестиционный риск.

С точки зрения «портфельной» теории Г. Марковица и У. Шарпа существуют достаточно строгие условия для формирования оптимального инвестпортфеля [5–6].

1. инвестиционный капитал не ограничен;
2. каждый инвестор ведет себя наиболее рационально, то есть при существовании нескольких вариантов инвестиций с одинаковой или близкой доходностью будет выбран менее рискованный вариант;
3. все участники рынка имеют равный и полный доступ ко всей ключевой информации. Второе условие мы можем определить как один из вариантов экономического поведения человека, когда все действия в сфере благ и богатства осуществляются разумно и к собственной выгоде.

В этом случае для оценки вложений и формирования инвестпортфеля не будут учитываться спекулятивные операции (если они сохраняются в перспективе на рынке ценных бумаг РФ) и даже сама возможность спекулятивной деятельности на рынке [7].

Главная задача формирования инвестпортфеля заключается в том, что капитал, вложенный в различные активы, в целом устойчивее к возможным изменениям (имеются в

виду, конечно, нежелательные падения курсов – рыночных цен – ценных бумаг), то есть общий риск инвестпортфеля будет ниже, чем сумма рисков вложений в его элементы.

Указанное «ниже» может быть разным, от незначительной величины до весьма существенной, в зависимости от правильности выбора элементов портфеля и общего состояния рынка. Портфельное инвестирование в компаниях позволяет в значительной степени точно рассчитать будущую доходность на основе данных о накопленной сумме дивидендов или процентных выплатах по облигациям. Здесь будет иметь место допустимая экстраполяция тенденций. Одним из факторов благоприятного развития событий при формировании инвестпортфеля будет выбор активов, цена которых меняется предсказуемо (для снижения риска) и в то же время – в заметных пределах (чтобы в принципе можно было рассчитывать на рост дохода).

Для снижения рисков портфельного инвестирования из процесса исключаются активы, которые не укладываются в рамки сценария контролируемого риска и потенциально растущей доходности.

Использование данных рынка ценных бумаг позволит ограничить применение так называемой «интуитивной диверсификации», когда инвестор рассчитывает в основном на личный опыт и интуицию.

Также использование рынка ценных бумаг как рыночного индикатора позволяет более целенаправленно заниматься собственными рисками, то есть той частью бизнес-рисков, которая зависит не от макроэкономических показателей и политической ситуации, а лишь от состояния дел в собственной организации. Это могут быть проблемы, связанные с финансовой сферой, состоянием дебиторской и кредиторской задолженности, возможной сменой руководства, с невыполнением договоров контрагентами.

Инвестпортфель формируется не навсегда. Его с определенной периодичностью следует проверять и переформировывать при необходимости. Рынки ценных бумаг и реального капитала – это живые организмы, их постоянная динамика отражается в конъюнктуре. Работа по управлению инвестпортфелем ведется с учетом задач дальнейшего развития компаний. Например, если предполагается диверсификация, то следует обратить особое внимание на активы, связанные со сферами возможного расширения разнообразия.

Если же предполагается углубление специализации, то речь может идти о стандартных подходах – надежные характеристики и среднерыночная доходность для стабильной работы в сохраняющихся условиях.

Можно сделать вывод о прямой связи формирования инвестпортфеля в организации с ее стратегией. В этом случае формирование портфеля не только позволяет сохранить и преумножить собственные средства компании, но и решить задачи по установлению связей с интересующими контрагентами, по оказанию влияния на поставщиков, других участников производства и распределения.

Также можно сделать вывод о том, что задача инвестора состоит в определении стратегии действий, объектов инвестирования, уточнении соотношения между активами (структура инвестпортфеля), выборе времени покупки и продажи на основе информации рынка ценных бумаг.

Для оценки эффективности управления инвестпортфелем в основном используется коэффициент Дж. Трейнора «доходность-изменчивость» и коэффициент У. Шарпа «доходность-разброс» [8].

Эти и другие коэффициенты позволяют оценить соотношение между профессионализмом, умением отбирать и оценивать информацию и случайностью, стечением обстоятельств. Фактически при формировании инвестпортфеля нужно выбирать:

- максимально возможную потенциальную доходность для некоторого контролируемого уровня риска;
- минимальный контролируемый риск для определенной величины предполагаемой (желаемой с учетом реальной рыночной ситуации) доходности.

Первоначально, по Г. Марковицу, модель инвестпортфеля касалась преимущественно акций, активов достаточно высокого риска. Позже Д. Тобин предложил включать в анализ малорискованные или практически безрисковые активы, такие как государственные облигации [9–10].

Уровень риска каждого актива, включаемого в инвестпортфель, определяется индивидуальными параметрами самого актива. Общий уровень риска зависит также от удельного веса входящих активов.

Можно утверждать, что формирование инвестпортфеля является многовариантным исследованием на основе рассмотрения возможных альтернатив. Анализировать нужно не отдельные активы, а их определенным образом скомпонованные пакеты. Также представляется абсолютно необходимым иметь возможность измерять чувствительность каждого актива к различным факторам. При этом число факторов, подлежащих исследованию, зависит от того, насколько много разных активов входит в каждый вариант инвестпортфеля.

Пока мы акцентировали внимание на преимущественно экономических аспектах применения механизмов и инструментов рынка ценных бумаг в современных условиях. В то же время чрезвычайно важным является и социально-экономический аспект.

Одной из потенциально важных задач функционирования рынка ценных бумаг в России является решение проблем экономики общественного сектора. Когда речь заходит об общественном секторе национальной экономики, обычно вспоминают сферы бессилия рынка.

Частный капитал общим образом не стремится в указанную сферу, поскольку удовлетворение общественных потребностей не гарантирует эффективности инвестиций и прибыльности эксплуатации объектов. При этом спрос на общественные блага с прогрессом общества и ростом благосостояния только растет. Активная социальная политика последних лет также требует новых, более эффективных подходов к финансированию общественного сектора [11].

Имеет место непрерывный процесс: рост благосостояния требует расширенного создания общественных благ, а получение выгод от совместного потребления определенного набора благ повышает уровень и качество жизни общества.

Одним из способов создания общественных благ является бюджетное финансирование. В этом случае принятие решений о финансировании, содержании процесса расходования средств находится в руках государственного бюрократического аппарата. Следствием этого зачастую становится неэффективность, лоббизм, коррупция [12]. Аналогичная ситуация может складываться и в госсекторе, при создании и функционировании госпредприятий.

Еще с периода зарождения и становления рынка начала складываться система перераспределения ресурсов в рыночной экономике. Это и борьба с бедностью, и другие аспекты обеспечения социальной справедливости. Во многом общественные блага призваны сглаживать неравенство на основе принципа общедоступности благ, удовлетворяющих базовые потребности. Развитие общественного сектора происходит через осуществление коллективного выбора, во взаимодействии избирателей, политиков, чиновников. Определяются приоритеты создания общественных благ и способы аккумуляции финансовых ресурсов на инвестиции.

Поскольку чисто бюджетное финансирование часто неэффективно и бюджетные средства ограничены, следует искать другие подходы. Полностью частные инвестиции в данной сфере практически не встречаются, зато появляются варианты частно-государственного и государственно-частного партнерства. Привлекаются и государственный, и частный капитал, формируются акционерные общества. Следует признать, что, как правило, эффективность и прибыльность таких объектов поддерживается государством за счет бюджетных средств, дополнительного финансирования, снижения цен на применяемые ресурсы. С точки зрения эффективности государственных расходов это малоэффективный путь, связанный с постоянным поддержанием эффективности за счет общегосударственных средств.

Также нельзя не учитывать, что в связи с научно-техническим прогрессом растут расходы на образование, здравоохранение (на их оснащенность, используемую технику и технологии), социальное обслуживание населения.

Весьма проблемной оказалась политика принятия решений по созданию общественных благ через привлечение частных производителей и функционирование системы госзакупок [13].

Наиболее эффективным, на наш взгляд, путем аккумуляции средств является выпуск и размещение облигаций государственных органов, эмитентами которых могут быть или местные, или федеральные органы власти и управления. Наиболее интересными и перспективными могут стать пока малораспространенные субфедеральные облигации, эмитентом которых выступают субъекты федерации. Именно они могут быть использованы для создания и функционирования требуемых общественных благ, связанных, в том числе, с привлечением финансирования для покрытия дефицита бюджета и реализации отдельных инвестиционных проектов [14].

Данные таблицы 2 показывают, что субфедеральные облигации могут дать доходность значительно выше процентной ставки по самым выгодным банковским депозитам (по состоянию на 8 декабря 2024).

Таблица 2: Субфедеральные облигации с наивысшей доходностью к погашению по состоянию на 8.12.2024.

Table 1: Sub-federal bonds with the highest yield to maturity as of 8.12.2024.

Наименование	Дата погашения	Эффективная доходность к погашению, %	Объем в обороте, млн.руб.
Якут-35016	28.10.2029	64.6	6800
ТомскАдм 9	12.12.2026	28.1	1200
Новосиб 24	17.08.2029	27.3	13500
Ульоб35002	25.06.2027	26.8	5600
Ульоб34006	14.05.2026	26.7	2100
СвердлОбл8	29.07.2027	25,88	12000
Ульоб34005	26.04.2028	25.8	3000

В таблице 3 приведены показатели субфедеральных облигаций с наибольшим объемом эмиссии. Объем облигационных заимствований этих субъектов федерации составляет почти половину общего объема рынка субфедеральных облигаций.

Условия выпусков могут быть различными по способу получения дохода (купон посто-

Таблица 3: Субфедеральные облигации с наибольшим объемом эмиссии по состоянию на 8.12.2024

Table 1: Sub-federal bonds with the largest issue volume as of 8.12.2024.

Наименование	Дата выпуска	Дата погашения	Объем выпуска, млн. руб.	Эффективная доходность к погашению, %	Ставка купона, %
Москва-26074-об	27.04.21	18.05.28	70000	21.29	8.5
Московская Обл-35016-об	30.11.20	30.11.27	30000	24.4	5.95
СПетербург-2-35003-об	21.10.20	13.04.27	30000	21.4	6.05
Новосиб 23	01.12.23	22.11.30	20000	23.5	12.75
НижегородОбл-35016-об	15.11.21	26.05.27	15000	23	9.25
СвердловскОбл-35008-об	21.07.20	29.07.27	12000	26.11	6.1
Саха Респ-35012-об	13.05.19	13.05.26	7000	20.25	8.59
КраснодКрЗ	14.11.19	12.11.26	7000	22.76	6.95

янный или переменный, погашение полное или частичное – с офертой или амортизацией), и степени риска, отражаемой в цене размещения или купонной ставке. Но в целом эти типы ценных бумаг являются достаточно надежными. За всю историю (с 1992 г.) выпуска субфедеральных и муниципальных облигаций известно только три случая технических дефолтов, связанных с задержками платежей. Также дополнительной выгодой может быть присутствующие в законодательстве налоговые льготы по инвестициям в «местные» ценные бумаги.

Заключение

1. Дана оценка функций рынка ценных бумаг в России в современных условиях разрыва связей с мировыми рынками ценных бумаг и тенденций развития рынка и его типовых операций.
2. Обоснована роль рынка ценных бумаг как основного индикатора в оценке компаний и перспектив их развития, для наиболее рационального формирования инвестпортфеля фирмы.
3. Уточнены группы параметров, которые могут применяться для наиболее точной оценки стоимости и динамики роста конкретного бизнеса в зависимости от отрасли, сферы деятельности, внутренних факторов.
4. Проиллюстрирована связь функционирования рынка ценных бумаг с социально+экономическим развитием регионов на базе выпуска муниципальных облигаций.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Богатырев С.Ю. Поведенческая стоимостная оценка на российском и западном фондовых рынках // Дайджест-финансы. – 2023. – Т. 28. – № 4 (268). – С. 461–478. EDN: LAJTNV.
2. Энциклопедия решений. Права акционеров, зависящие от количества акций // Информационно-правовой портал «Гарант». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/58078429/> (дата обращения: 22.09.2024).

3. «ВТБ Мои Инвестиции» назвали 5 самых недооцененных акций на 2024 год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://quote.ru/news/article/659e77a89a79476ba4cebe73> (дата обращения: 05.10.2024).
4. Эдлесон М.Э., Бернстайн У.Дж. Усреднение ценности. Простая и надежная стратегия повышения доходности инвестиций на фондовом рынке. – М.: Альпина Паблишер, 2021. – 320 с. ISBN: 978-5-9614-7515-9
5. Investment Analysis and Portfolio Management (11th International ed.). South-Western College Pub, 2019. – 941 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://djvu.online/file/Q5SD5YKgiT7Nz> (дата обращения: 07.10.2024).
6. Касимов Ю.Ф. Основы теории оптимального портфеля ценных бумаг – М: Информационно-издательский дом «Филинъ», 1998. – 144 с. ISBN: 5-89568-086-0
7. Банк России ограничил некоторые спекулятивные сделки на фондовом рынке для сохранения финансовой стабильности // Центральный банк Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cbr.ru/press/event/?id=14067> (дата обращения: 07.10.2024).
8. Шарп У.Ф., Александер Г.Дж., Бэйли Д.В. Инвестиции. – М.: ИНФРА-М, 2018 – 1028 с. ISBN: 978-5-16-002595-7
9. Мочалина Е.П., Иванкова Г.В. Влияние структуры портфеля на решения инвестора: добавление безрискового актива // Фундаментальные исследования. – 2021. – № 11. – С. 146–154. EDN: YMEGYI.
10. Фабоцци Ф.Дж. Рынок облигаций. Анализ и стратегии – М., Альпина Паблишер, 2018. – 1195 с. ISBN: 978-5-9614-5442-0.
11. Табах А., Подругина А. Социальная политика – 2023: от пандемии к энергокризису. // АО «Эксперт РА», 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://raexpert.ru/docbank/13f/c46/5c3/29f5f8e8ecd21e7e0889cee.pdf> (дата обращения: 15.10.2024).
12. Алайцева Т.В. Организационно–управленческие основы коррупции // Вестник Самарского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2015. – № 5 (127). – С. 9–13. EDN: TYFXTJ.
13. Карлина А.А., Булавцева А.Н. Актуальные проблемы осуществления государственных закупок // Вестник Международного института рынка. – 2023. – № 1. – С. 63–68. EDN: RYJAND.
14. Абазбекова А.А. Особенности муниципальных ценных бумаг в современных условиях // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2023. – Т. 12. – № 3. – С. 54–60. EDN: WJTKIQ.

On the issue of modern functions of the securities market in the socio-economic development of Russia

T. V. Alaytseva

Samara National Research University, 34,
Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article presents an assessment of the functions of the securities market in Russia in modern conditions, taking into account the rupture of ties with world securities markets and trends in the development of the market and its typical operations. The key role of the securities market as the main indicator in assessing companies and their development prospects is reflected, for the most rational formation of the firm's investment portfolio. The groups of parameters that must be used for the most accurate assessment of the cost and growth dynamics of a particular business depending on the industry, field of activity, internal factors at the present stage are specified. The relationship between the functioning of the securities market and the socio-economic development of regions based on the issue of municipal bonds is given.

Keywords: shares; bonds; investment portfolio; joint-stock company; pricing; securities price.

Received: Saturday 21st September, 2024 / Revised: Monday 21st October, 2024 /
Accepted: Wednesday 20th November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Bogatyrev S.Yu. Behavioral valuation in the Russian and Western stock markets // Digest-finances. – 2023. – Vol. 28. – No. 4 (268). – pp. 461–478. EDN: LAJTNV. (In Russ.)

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Alaytseva T. V. On the issue of modern functions of the securities market in the socio-economic development of Russia, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 102–113. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-102-113> (In Russian).

Authors' Details:

Elena P. Rostova  <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

Dostor of Economics, associate professor; head the Department of Mathematics and Business Informatics;
e-mail: rostova.ep@ssau.ru

Natalia A. Cherkasova  <http://orcid.org/0009-0008-8623-3839>

Postgraduate Student of the Department of Mathematics and Business Informatics;
e-mail: cherkasova.na@ssau.ru

2. Encyclopedia of decisions. Shareholders' rights depending on the number of shares // Information and legal portal "Garant". [Electronic resource]. Access mode: <https://base.garant.ru/58078429/> (accessed: 22.09.2024). (In Russ.)
3. VTB My Investments named the 5 most undervalued stocks for 2024. [Electronic resource]. Access mode: <https://quote.ru/news/article/659e77a89a79476ba4cebe73> (accessed: 05.10.2024). (In Russ.)
4. Edleson M.E., Bernstein W.J. Value Averaging: A Simple and Reliable Strategy for Improving Stock Market Investment Returns. – Moscow: Alpina Publisher, 2021. – 320 p. ISBN: 978-5-9614-7515-9 (In Russ.)
5. Investment Analysis and Portfolio Management (11th International ed.). South-Western College Pub, 2019. – 941 p. [Electronic resource]. Access mode: <https://djvu.online/file/Q5SD5YKgiT7Nz> (accessed: 07.10.2024).
6. Kasimov Yu.F. Fundamentals of the theory of an optimal portfolio of securities – M: Information and publishing house "Filin", 1998. – 144 p. ISBN: 5-89568-086-0 (In Russ.)
7. The Bank of Russia has restricted some speculative transactions on the stock market to maintain financial stability // Central Bank of the Russian Federation. [Electronic resource]. Access mode: <https://cbr.ru/press/event/?id=14067> (accessed: 07.10.2024). (In Russ.)
8. Sharp W.F., Alexander G.J., Bailey D.W. Investments. – M.: INFRA-M, 2018 – 1028 p. ISBN: 978-5-16-002595-7 (In Russ.)
9. Mochalina E.P., Ivankova G.V. The Impact of Portfolio Structure on Investor Decisions: Adding a Risk-Free Asset // Fundamental Research. – 2021. – No. 11. – pp. 146–154. EDN: YMEGYI. (In Russ.)
10. Fabozzi F.J. Bond Market. Analysis and Strategies – M., Alpina Publisher, 2018. – 1195 p. ISBN: 978-5-9614-5442-0 (In Russ.)
11. Tabakh A., Podrugina A. Social Policy – 2023: From Pandemic to Energy Crisis. // JSC Expert RA, 2023. [Electronic resource]. Access mode: <https://raexpert.ru/docbank/13f/c46/5c3/29f5f8e8ecd21e7e0889cee.pdf> (accessed: 15.10.2024). (In Russ.)
12. Alaytseva T.V. Organizational and managerial foundations of corruption // Bulletin of Samara State University. Series: Economics and Management. – 2015. – No. 5 (127). – pp. 9–13. EDN: TYFXTJ. (In Russ.)
13. Karlina A.A., Bulavtseva A.N. Actual problems of public procurement // Bulletin of the International Market Institute. – 2023. – No. 1. – pp. 63–68. EDN: RYJAH. (In Russ.)
14. Abazbekova A.A. Features of municipal securities in modern conditions // Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology. – 2023. – Vol. 12. – No. 3. – pp. 54–60. EDN: WJTKIQ. (In Russ.)

УДК 338.1

Проекты улавливания углекислого газа: специфика реализации и оценка затрат (на примере угольных электростанций в России)

Е. А. Кузнецова¹, А. А. Череповицына^{1,2}

¹Институт экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра РАН, Россия, 184209, Апатиты, ул. Ферсмана, 24а.

²НИИ «Центр экологической промышленной политики», Россия, 141006, г. Мытищи, Олимпийский просп., 42.

Аннотация

В статье исследуются особенности проектов, предполагающих улавливание углекислого газа, и экономические стимулы для их реализации. Выполнен анализ стоимости и оценка внедрения таких технологий улавливания применительно к угольным электростанциям в России. Определена особая роль внедрения таких технологий улавливания на угольных электростанциях. Полученная расчетная стоимость улавливания для двух российских электростанций показала высокий уровень затрат. Сравнительный анализ стоимости улавливания на двух различных по мощности и территориальному расположению объектах позволило выделить основные факторы затрат: стоимость установки и объем улавливания.

Ключевые слова: улавливание; углекислый газ; оценка затрат; стоимость улавливания; улавливание и хранение углерода; угольные электростанции; сокращение выбросов.

Получение: 25 сентября 2024 г. / Исправление: 25 октября 2024 г. /

Принятие: 24 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)


📄 ©📄 Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Кузнецова Е. А., Череповицына А. А. Проекты улавливания углекислого газа: специфика реализации и оценка затрат (на примере угольных электростанций в России) // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 114–127. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-114-127>.

Сведения об авторах:

Екатерина Александровна Кузнецова  <http://orcid.org/0000-0002-1435-3021>
стажер-исследователь; e-mail: katia11911@gmail.com

Алина Александровна Череповицына  <http://orcid.org/0000-0001-5168-0518>
кандидат экономических наук, заведующая лабораторией, старший научный сотрудник;
e-mail: iljinovaaa@mail.ru

Введение

Климатическая повестка носит глобальный характер и является актуальной для всех стран, в том числе и России. В соответствии с установленными международными целями по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ), в России в 2021 г. была утверждена «Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», предполагающая в качестве основных мер снижения выбросов ПГ технологическое развитие по таким направлениям как возобновляемые источники энергии (ВИЭ), утилизация отходов, электрификация, а также развитие технологий улавливания, использования и хранения углекислого газа (carbon dioxide capture, use and storage, далее – *CCS*) [1].

При этом, последние занимают особое место в общем наборе доступных мер декарбонизации за счет того, что при внедрении на точечный источник позволяют предотвращать эмиссию уже образовавшегося CO_2 в атмосферу, не требуя серьезной перестройки технологических цепочек существующих производств [2].

Данный факт, а также относительно высокий уровень технологической готовности по сравнению с другими реализуемыми на сегодняшний день в мире направлениями декарбонизации делает данную опцию одной из наиболее перспективных к внедрению на промышленных и энергетических предприятиях России.

Несмотря на вышеприведенные аргументы, распространению технологий *CCS* в настоящее время сопутствует целый ряд сдерживающих факторов, главным из которых является высокий уровень затрат на реализацию проектов. Критическими в вопросе экономической жизнеспособности проектов *CCS* становятся действующие в регионах реализации меры государственного регулирования и поддержки, формирующие соответствующую институциональную среду.

Реализация подобных мер во многих странах привела к тому, что мировые мощности *CCS* продолжают увеличиваться каждый год. В России также разрабатываются нормативные правовые документы, развивающие вопросы низкоуглеродного развития, начат эксперимент по ограничению выбросов ПГ на территории Сахалина [3]. Несмотря на это, специфические механизмы и меры поддержки *CCS* отсутствуют, как и действующие в России проекты.

Комплекс технологий *CCS* – это совокупность различных этапов технологического процесса – от улавливания углекислого газа до его транспортировки и дальнейшего захоронения / использования.

При этом этап улавливания CO_2 на источнике выбросов является ключевым и самым дорогостоящим. Стоимость его реализации оказывает критическое влияние на экономическую жизнеспособность проектов *CCS* в целом, что определяет актуальность исследования особенностей и экономических стимулов к реализации таких инициатив, а также определения и анализа основных стоимостных характеристик таких проектов.

Цель данной работы – исследовать специфику реализации и провести оценку стоимости внедрения технологии улавливания CO_2 на объектах энергетики России (на примере угольных электростанций) с выявлением ключевых факторов, определяющих уровень затрат.

Задачи исследования:

- проанализировать мировой опыт и специфику реализации проектов улавливания CO_2 ;
- определить основные меры по обеспечению экономической жизнеспособности проектов;

- провести стоимостную оценку и сравнить уровень затрат на реализацию двух проектов улавливания CO_2 на угольных электростанциях в разных регионах России;
- определить факторы, оказывающие влияние на стоимость проектов улавливания и формирующие базу для оптимизации затрат.

Данное исследование вносит вклад в развитие представлений о возможностях и ограничениях внедрения технологий улавливания CO_2 как важнейшего этапа проектов *CCS* и необходимой опции декарбонизации производств России, а также впервые дает оценку и сравнение стоимости внедрения технологий улавливания на угольных электростанциях в России, развивая концептуальные и методические основы планирования и реализации таких проектов.

1. Материалы и методы

В основе исследования лежит метод контент-анализа публикаций российских и иностранных ученых по теме, аналитических отчетов различных организаций, а также методы концептуального моделирования и стоимостной оценки, релевантные к специфике проектов *CCS*. На разных этапах исследования применяются методы анализа и синтеза, декомпозиции, методы анализа рисков и составления аналитических таблиц.

Информационную и статистическую базу исследования составляют база данных Глобального института *GCS* (Global CCS Institute), официальные сайты действующих мировых проектов *CCS*, данные по объектам электрогенерации России.

В работе выполнена оценка затрат по проектам улавливания CO_2 . Учитывая отсутствие действующих проектов в России, расчет проводился для двух модельных объектов – угольных электростанций, расположенных в удалённых друг от друга регионах (Мурманская область и Якутия).

Стоимостная оценка была основана на таких показателях как «Нормированная стоимость электроэнергии» *LCOE* (Levelized Cost of Electricity) и «Стоимость предотвращения выбросов» (Cost of CO_2 avoided).

Показатель *LCOE* представляет собой величину, на которую увеличится средняя стоимость производства единицы продукции после реализации проекта улавливания, и рассчитывается как отношение всех затрат на строительство и поддержание работы мощностей улавливания CO_2 к производственной мощности объекта после внедрения технологии

$$LCOE = \frac{\sum_i \frac{I_i + O_i}{(1+r)^i}}{\sum_i \frac{V_i}{(1+r)^i}},$$

V_i – годовой объем произведенной продукции, (МВтч);

I_i – годовые инвестиции в улавливание, (руб.);

O_i – годовые операционные расходы на улавливание, (руб.);

i – расчётный срок проекта, (лет);

r – ставка дисконтирования, (%).

Суть показателя «Стоимость предотвращения выбросов» заключается в нормировании на тонну выбросов разницы между стоимостью производства продукции «До» и «По»

сле» проекта

$$CCA = \frac{LCOE_{CCS} - LCOE_{REF}}{TU_{REF} - TU_{CCS}}.$$

Здесь

CCA – стоимость предотвращения выбросов (Cost of CO_2 avoided), (руб./т.);

$LCOE_{CCS} - LCOE$ с учетом CCS ,

$LCOE_{REF} - LCOE$ без учета CCS , (руб.);

TU_{CCS} – количество выбросов CO_2 на единицу производства с учетом CCS , (т.)

TU_{REF} – количество выбросов CO_2 на единицу производства без учета CCS , (т.).

Для определения капитальных затрат в работе была использована формула Ленца, отражающая нелинейную связь между изменением масштаба и стоимости производства [2, 4].

$$I_A = I_B \left(\frac{C_A}{C_B} \right)^n.$$

Здесь

I_A – капитальные вложения проекта A , (руб.);

I_B – капитальные вложения проекта B , (руб.);

C_A – мощность установки улавливания проекта A , (т.);

C_B – мощность установки улавливания проекта B , (т.);

n – варьируется от 0.6 до 0.8.

2. Анализ мирового опыта реализации проектов улавливания CO_2

Технологии улавливания CO_2 могут быть внедрены в различных отраслях производства. В таблице 1 приведены данные по мощностям улавливания, задействованным в реализуемых коммерческих проектах CCS в мире, а также ориентировочная стоимость улавливания в разных секторах.

Лидером по внедрению технологий улавливания является нефтегазовая отрасль. В семнадцати действующих проектах CCS улавливание CO_2 осуществляется на объектах по очистке природного газа от примесей перед его транспортировкой, в том числе в сжиженном виде.

Данное направление внедрения технологий признано самым дешевым [5], что объясняется относительной простотой процесса выделения CO_2 . В нефтегазовой отрасли также реализуется улавливание на нефтеперерабатывающих заводах – два проекта.

Данный процесс является более дорогостоящим ввиду сложного процесса отделения CO_2 от потока отходящих газов и распределения разнообразных источников выбросов по производству [6].

Активно развивающимися являются технологии, позволяющие улавливать CO_2 напрямую из атмосферы. Первый подобный проект был реализован в 2021 г., а за последний год было запущено еще три объекта. Данные технологии в несколько раз дороже улавливания на точечных источниках выбросов, в связи с чем действующие мощности на сегодня не превышают нескольких тыс. тонн CO_2 в год.

Исторически технологии улавливания были ориентированы на их использование на энергических объектах – угольных и газовых электростанциях. Глобальное обновление

Таблица 1: Распределение мировых мощностей улавливания CO₂ по секторам в действующих проектах *CCS* (по состоянию на 2024 г.).Table 1. Distribution of global CO₂ capture capacity in operating *CCS* projects (as of 2024).

Сектор объекта улавливания	Количество проектов, шт.	Мощность, млн. т в год	Стоимость улавливания, долл./т
Подготовка/сжижение природного газа	17	34.5	15–35
Химическое производство	16	9.2	24–132
Производство энергии	5	3.1	50–290
Производство удобрений	4	1.7	21–35
Переработка нефти	2	1.9	н/д
Сталелитейное производство	1	0.8	8–129
Производство цемента и бетона	1	0.2	18–199
Улавливание из атмосферы	4	0.1	230–1 300
Всего	50	51.5	–

Источник: составлено авторами на основе [5, 7].

энергетических мощностей и переход на ВИЭ невозможны в тех масштабах, которые требуются для достижения климатических целей.

Внедрение технологий улавливания способно снизить выбросы электростанций, которые зачастую являются единственным существующим источником электроснабжения в ряде регионов. При этом парциальное давление газа на точечных объектах выбросов на электростанциях достигает существенно более низких значений, чем на многих других промышленных источниках.

Это напрямую влияет на то, что стоимость улавливания в этой отрасли выше, чем, например, в вышеупомянутой нефтегазовой, и определяет меньший масштаб существующих мировых мощностей. Из текущих проектов в энергетике четыре реализованы на наиболее «грязных» угольных электростанциях и один в 2023 г. – на газовой [8].

Из проектов улавливания на угольных электростанциях наиболее известны «Boundary Dam» в Канаде, «Petra Nova» в США, действующие с 2014 и 2017 гг. соответственно. Перспективность данного направления с точки зрения его роли в развитии глобальной энергетики с учетом необходимости декарбонизации определяет важность увеличения масштабов внедрения технологий улавливания на электростанциях.

Это также подтверждается высокой суммарной мощностью проектов улавливания на электростанциях, находящихся сегодня в стадиях планирования и разработки по миру (порядка 70 млн т CO₂ в год) [8].

Угольная генерация играет одну из основных ролей в энергобалансе России. При этом электростанции на угле выбрасывают в атмосферу больше загрязняющих веществ, чем другие тепловые электростанции [9].

Можно предположить, что внедрение технологий улавливания именно на этих объектах будет одним из перспективных и необходимых вариантов адаптации таких решений в России.

3. Экономические стимулы реализации проектов улавливания CO₂

Чаще всего проекты улавливания рассматривают как один из этапов общей технологической цепи проекта *CCS*. Традиционно такая технологическая цепь представляет собой один из следующих вариантов:

1. Улавливание CO₂, его транспортировка и закачка в подземный резервуар для перманентного геологического хранения.
2. Улавливание CO₂, его транспортировка и закачка в нефтегазовые пласты для повышения нефтеотдачи (Enhanced Oil Recovery: CO₂ – *EOR*) и последующего хранения.
3. Улавливание CO₂, его транспортировка и использование в качестве сырья для производства продуктов с добавленной стоимостью.

Выбор определенной технологической цепи напрямую связан с экономическими стимулами, лежащими в основе реализации таких проектов, особенно в части возможного получения дохода и использования мер государственной поддержки, что, в конечном счете, служит основой для обеспечения экономической жизнеспособности таких инициатив.

В таблице 2 представлены основные экономические стимулы при реализации проектов *CCS* в целом и проектов улавливания CO₂, в частности.

Таблица 2: Основные меры по обеспечению экономической жизнеспособности проектов *CCS*.

Table 2. Key measures for ensuring the economic viability of CCS projects.

Направление	Пример
Полезное использование CO ₂	CO ₂ – <i>EOR</i> , производство продуктов
Поиск покупателей	Продажа низкоуглеродной продукции с надбавкой; продажа CO ₂ как сырья
Соответствие требованиям государственного регулирования	Налоговые вычеты или экономия по налогу на выбросы
Участие в углеродном рынке	Реализация углеродных единиц

Источник: составлено авторами на основе [7].

Традиционно проекты улавливания CO₂ реализовывались крупными компаниями, способными обеспечить реализацию всех технологических этапов, например, нефтегазовыми. В тридцати из пятидесяти проанализированных выше действующих проектах *CCS* доход обеспечивается, в первую очередь, за счет выручки от реализации дополнительно добытой нефти, полученной за счет CO₂ – *EOR*.

Другим менее развитым направлением полезного использования является производство продукции из CO₂, например, строительных материалов, химикатов или топлив [10].

Появление спроса на CO₂ как сырье и готовность покупателей доплачивать за низкоуглеродные продукты создает новые возможности для получения дохода по проектам, предполагающим полезное использование углекислого газа.

Система государственного регулирования и поддержки проектов *CCS*, активно формирующаяся в рамках общей климатической политики, остается критически значимой для реализации таких инициатив. В действующих проектах экономическими стимулами

становятся грантовая поддержка, экономия по налогу на выбросы ПГ и существенные налоговые вычеты за реализацию климатических проектов, в том числе *CCS*.

Так, действующая в США программа 45 *Q* обеспечивает налоговые кредиты в размере 60 долл. за каждую тонну CO_2 , используемую для $\text{CO}_2 - \text{EOR}$, и 80 долл. за тонну CO_2 , закачанную для перманентного хранения под землей [11].

Кредиты могут быть использованы как налоговые вычеты или проданы компанией, реализующей проект *CCS*. Данная мера, наряду с доходом от $\text{CO}_2 - \text{EOR}$ и прямой грантовой поддержкой, обеспечивает экономическую жизнеспособность крупнейших проектов *CCS* в США и вывела страну в лидеры по количеству действующих проектов (двадцать из пятидесяти по миру) [8].

Налог на выбросы ПГ, введенный впервые в Норвегии, стал главным стимулом к реализации одних из первых проектов *CCS* в мире – «Sleipner» и «Snohvit», и сейчас его размер достигает порядка 90 долл. за тонну CO_2 -экв. [12].

Также по всему миру развивается система углеродного регулирования, включающая, в том числе, санкционный и рыночный компоненты. Например, реализация климатических проектов позволяет компаниям участвовать в углеродном рынке и получать доход от продажи углеродных единиц.

В России углеродный рынок находится на начальной стадии формирования. Сорок инициатив зарегистрированы в Реестре климатических проектов на текущий момент, однако, стоит отметить, что инициатив по улавливанию CO_2 среди зарегистрированных проектов нет [13].

В процессе усиления климатической повестки в целом и распространения технологий *CCS*, в частности, для компаний открывается все больше возможностей по реализации отдельных этапов технологической цепи *CCS*.

Формирование хабов, предоставляющих услуги транспортировки и захоронения углекислого газа, позволяет компаниям реализовывать проекты улавливания без необходимости привлечения значительных инвестиций на строительство дополнительной инфраструктуры.

С другой стороны, для операторов проектов транспортировки и хранения CO_2 возникают возможности по предоставлению данных видов работ в качестве услуги на основе коммерческой логики.

Так, компания Yaga заключила соглашение о транспортировке и захоронении уловленных на своем заводе по производству удобрений выбросов CO_2 через мощности транспортного хаба «Northern Light» (Норвегия) [14].

4. Расчет затрат на внедрение технологий улавливания CO_2 на угольных электростанциях в России

Сравнение затрат на внедрение технологий улавливания проводилось применительно к двум объектам угольной энергетики России – Апатитская ТЭЦ (Мурманская область) и Нерюнгринская ТЭЦ (Республика Саха – Якутия).

Способ улавливания, реализуемый на подобных объектах, — это преимущественно улавливание «После сжигания» [2].

Данный процесс признается наиболее удобным для внедрения на действующие производственные объекты по сравнению с другими («До сжигания» и «Кислородно-топливное сжигание») ввиду меньшей потребности в изменении существующих процессов [15].

Расчет затрат проводился на основе формул, описанных в разделе Материалы и методы. В качестве аналога для оценки капитальных затрат был выбран проект улавливания

CO₂ на угольной электростанции «Boundary Dam» в Канаде, использующий ту же технологию, как и в моделируемом проекте – «После сжигания» [16].

Мощность установки улавливания на объекте аналоге – 1.4 млн. т CO₂ в год, капитальные вложения по проекту составили 1 000 млн. долл. Прочие исходные данные, используемые для расчета моделируемых проектов, представлены в таблице 3

Таблица 3: Исходные данные для оценки затрат на улавливание CO₂ на Апатитской и Нерюнгринской ТЭЦ.

Table 3. Input data for estimating the costs of CO₂ capture at Apatitskaya and Neryungrinskaya stations.

Показатель	Ед. изм.	Апатитская ТЭЦ	Нерюнгринская ТЭЦ
Установленная мощность по электроэнергии	МВт	230	570
Установленная мощность по теплу	Гкал/час	535	820
Годовая выработка электроэнергии	млн кВтч	449.6	3705
Годовая выработка тепла	тыс. Гкал	1515.43	1649.8
Стоимость угля	руб./т	4294	1476
Стоимость электроэнергии	руб./МВтч	867.34	1241.62
Средний выброс CO ₂ по ТЭЦ	кг/кВтч	1.28	
Уровень улавливания	%	90	
Энергоемкость процесса	кВтч/кг CO ₂	0.31	
Переводной коэффициент	кВтч / кал	1163	
Курс доллара	руб./долл. США	90.0	
Срок реализации проекта	лет	20	

Источник: составлено авторами, в том числе на основе [17–19].

В таблице 4 показан расчет значений по исследуемым экономическим параметрам. Показатель *LCOE* на единицу продукции рассчитывался с учетом производства станциями как электрической, так и тепловой энергии при помощи переводного коэффициента.

На рис. 1 приведено сравнение полученных результатов с показателями зарубежных проектов-аналогов.

На рис. 2 и рис. 3 показан проведенный анализ чувствительности стоимости улавливания к ключевым факторам для каждого из объектов и определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на полученный показатель.

Наибольшее влияние на стоимость улавливания оказывает величина капитальных вложений по проекту, которая ввиду выбора зарубежного аналога напрямую связана с текущим курсом доллара к рублю.

Прочие факторы, на которые инициатор проекта может влиять при планировании проекта, можно определить в следующем порядке:

1. мощность станции;
2. объем улавливания углекислого газа;
3. стоимость угля и электроэнергии в выбранном регионе.

Таблица 4: Оценка затрат по проектам улавливания CO₂ на Апатитской и Нерюнградской ТЭЦ.

Table 4. Cost estimation of CO₂ capture projects at Apatitskaya and Neryungrinskaya stations.

Показатель	Значение
LCOE Апатит, руб./кВтч	4.42
LCOE Нерюнгри, руб./кВтч	3.68
Стоимость предотвращения выбросов Апатит, руб./т	19 035
Стоимость предотвращения выбросов Нерюнгри, руб./т	17 144

Источник: составлено авторами.

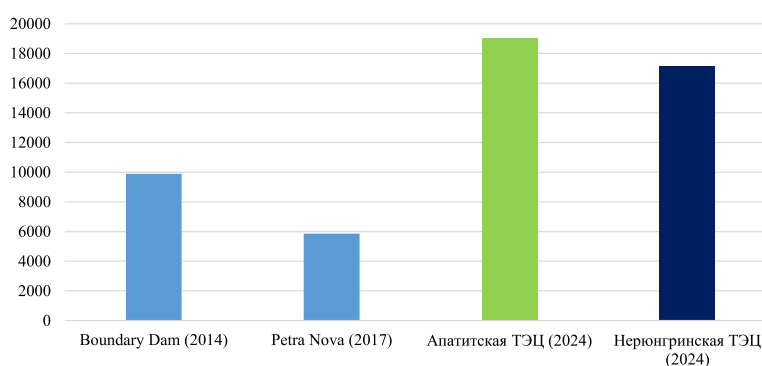


Рис. 1: Сравнение расчетных стоимостей улавливания на угольных электростанциях в России с мировыми аналогами, руб./т. Составлено авторами по результатам расчетов и на основе источника [16].

Fig.1: Comparison of estimated costs of capture at coal-fired power plants in Russia with world analogs, rubles/t. Compiled by the authors on the basis of calculations and [16].

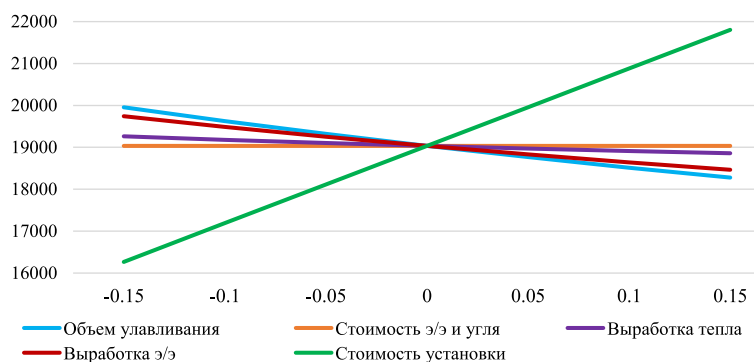


Рис. 2: Результаты анализа чувствительности стоимости улавливания CO₂ на Апатитской ТЭЦ, руб./т.

Fig.2: Sensitivity analysis results for the cost of CO₂ capture at Апатитская station, rubles/t.

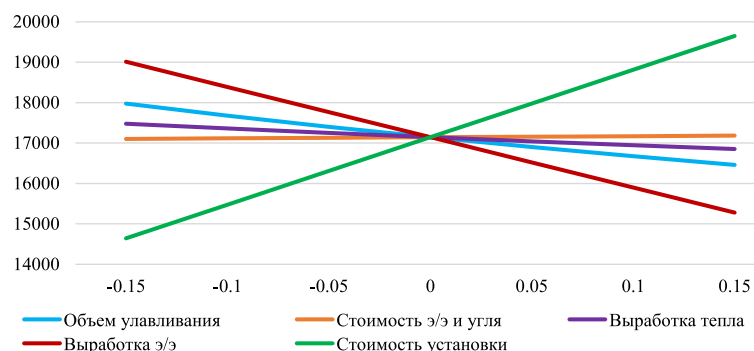


Рис. 3: Результаты анализа чувствительности стоимости улавливания CO₂ на Нерюнгринской ТЭЦ, руб./т.

Fig.3: Sensitivity analysis results for the cost of CO₂ capture at Neryungrinskaya station, rubles/t.

Все это формирует базу для оптимизации уровня затрат на реализацию проектов улавливания, в том числе в части выбора объекта и региона реализации.

Заключение

1. Традиционно реализация проектов *CCS* предполагает организацию всей технологической цепи от улавливания CO₂ до его использования/ захоронения. В то же время, опыт новых действующих проектов показывает, что сегодня подходы меняются, и для компаний открываются новые возможности участия в таких инициативах, в том числе посредством реализации отдельных проектов улавливания CO₂.
2. Однако, это верно для регионов с высокими требованиями углеродного регулирования и развивающимися новыми формами реализации проектов, например, кластеры и хабы транспортировки и хранения углекислого газа. Применительно же к России наиболее вероятным сценарием остается развитие *CCS* через проекты, включающие CO₂ – *EOR* с внедрением технологий улавливания на традиционных объектах, в том числе на угольных электростанциях. Это означает, что важным критерием при планировании проекта улавливания становится близость к нефтегазовым месторождениям.
3. Доходы от дополнительно добытой нефти остаются основной мерой обеспечения экономической жизнеспособности при реализации большинства действующих проектов *CCS*. При этом в проектах, которые только планируются к запуску, главным экономическим стимулом становятся соответствие требованиям государственного регулирования и возможность участия в углеродном рынке [8].
4. В то же время, исследовательские оценки показывают, что применительно к России текущих и потенциально реалистичных государственных мер регулирования и поддержки будет недостаточно для влияния на экономику проектов [20]. Необходимо существенное снижение затрат, особенно на этапе улавливания газа, и достижение этой цели следует осуществлять с использованием комплексного подхода.
5. Сравнение величины затрат на улавливание по двум рассмотренным угольным электростанциям показывает, что важным фактором снижения затрат является использование эффекта масштаба. Существенное различие в показателях Апатит-

ской и Нерюнгринской ТЭЦ в первую очередь вызвано относительно малым объемом выбросов и улавливания соответственно на первой ТЭЦ, за счет того, что основным продуктом является тепловая энергия, выработка которой не приводит к дополнительным выбросам ПГ.

6. В сравнении с зарубежными аналогичными проектами расчетная стоимость улавливания в России оказывается выше. Однако, на примере проекта «Boundary Dam» стоит отметить, что на практике реальная стоимость улавливания превысила оценочные и использованные в сравнении 110 долл./т. «Petra Nova», в свою очередь, была вынуждена приостановить реализацию проекта на несколько лет в связи со снижением дохода после падения цен на нефть.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» от 29.10.2021 № 3052-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fW032e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (дата обращения: 01.11.2024).
2. Hong W.Y. A techno-economic review on carbon capture, utilisation and storagesystems for achieving a net-zero CO2 emissions future // Carbon Capture Science & Technology. – 2022. – Vol. 3. – pp. 29. DOI: 10.1016/j.ccsst.2022.100044.
3. Постановление Правительства Сахалинской области «Об утверждении программы проведения эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов на территории Сахалинской области» от 28.11.2022 № 551. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/142496/> (дата обращения: 01.11.2024).
4. Tribe M.A., Alpine R.L.W. Scale economies and the «0.6 rule» // Engineering Costs and Production Economics. – 1986. – Vol. 10 (4). – pp. 271–278. DOI: 10.1016/0167-188X(86)80025-8.
5. CCS Facilities Database // Global CSS Institute. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://co2re.co/FacilityData> (дата обращения: 01.11.2024).
6. Скобелев Д.О., Череповицына А.А., Гусева Т.В. Технологии секвестрации углекислого газа: роль в достижении углеродной нейтральности и подходы к оценке затрат // Записки Горного института. – 2023. – Т. 259. – С. 125–140. EDN: UHRPUF.
7. Van Straelen J. [et al.]. CO2 capture for refineries, a practical approach // International Journal of Greenhouse Gas Control. – 2010. – Vol. 4 (2). – pp. 316–320. DOI: 10.1016/j.egypro.2009.01.026.
8. Global Status of CCS 2023 // Global CCS Institute. – 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://status23.globalccsinstitute.com/> (дата обращения: 01.11.2024).
9. Putting CO2 to Use // International Energy Agency. – 2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iea.org/reports/putting-co2-to-use> (дата обращения: 01.11.2024).
10. The Section 45Q Tax Credit for Carbon Sequestration // Congressional Research Service. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11455> (дата обращения: 01.11.2024).
11. Mendgen A. Carbon Taxes in Europe. – 2023 // Tax Foundation Europe. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://taxfoundation.org/data/all/eu/carbon-taxes-in-europe-2023/> (дата обращения: 01.11.2024).

12. Реестр углеродных единиц. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://carbonreg.ru/projects/> (дата обращения: 01.11.2024).
13. The Northern Lights project // Equinor. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.equinor.com/energy/northern-lights> (дата обращения: 01.11.2024).
14. Madejski P. [et al.]. Methods and techniques for CO₂ capture: Review of potential solutions and applications in modern energy technologies // *Energies*. – 2022. – Vol. 15 (3). – pp. 21. DOI: 10.3390/en15030887.
15. Kheirnik M., Ahmed S., Rahmanian N. Comparative techno-economic analysis of carbon capture processes: Pre-combustion, post-combustion, and oxy-fuel combustion operations // *Sustainability*. – 2021. – no. 13 (24). DOI: 10.3390/su132413567
16. Meeting the Dual Challenge // National Petroleum Council. – 2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dualchallenge.npc.org/> (дата обращения: 01.11.2024).
17. Samaras C. [et al.]. Coal-Fired Power Plant Designs, Systems, and Components // *Characterizing the U.S. Industrial Base for Coal-Powered Electricity*. – RAND Corporation. – 2011. – pp. 23–34. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.jstor.org/stable/10.7249/mg1147net1.11> (дата обращения: 01.11.2024).
18. Приказ ФАС России «Об утверждении цен (тарифов) на электрическую энергию на 2024 год, поставляемую в условиях ограничения или отсутствия конкуренции при введении государственного регулирования» от 11.12.2023 № 965/23 // Гарант.ру. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408155055/> (дата обращения: 01.11.2024).
19. Приказ Федеральной антимонопольной службы «Об утверждении цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность) ... на 2021–2025 годы» от 25.12.2020 № 1273/20 // Гарант.ру. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/400152040/> (дата обращения: 01.11.2024).
20. Череповицына А.А. Улавливание и хранение углерода: меры государственного регулирования, мировой опыт и ситуация в России // *Экономика устойчивого развития*. – 2024. – № 1(57). – С. 178–183. EDN: ZVCCUB.

Carbon dioxide capture projects: specifics of implementation and cost estimation (on the example of coal-fired power plants in Russia)

E. A. Kuznetsova¹, A. A. Cherepovitsyna^{1,2}

¹ Luzin Institute for Economic Studies, Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, 24a, Fersman st., Apatity, 184209, Russia.

² IEIP Center, 42, Olympiysky avenue., Mytishchi, 141006, Russia.

Abstract

The article examines the features of projects involving carbon dioxide capture and economic incentives for their implementation. The cost analysis and assessment of the implementation of such capture technologies for coal-fired power plants in Russia are performed. The special role of the implementation of such capture technologies at coal-fired power plants is determined. The resulting estimated capture cost for two Russian power plants showed a high level of costs. A comparative analysis of the capture cost at two facilities with different capacity and territorial location made it possible to identify the main cost factors: the cost of installation and the volume of capture.

Keywords: capture; carbon dioxide; cost estimation; cost of capture; carbon capture and storage, coal-fired power plants; emission reduction.

Received: Wednesday 25th September, 2024 / Revised: Friday 25th October, 2024 /

Accepted: Sunday 24th November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Order of the Government of the Russian Federation "On approval of the strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050" dated October 29, 2021 No. 3052-r. [Electronic resource]. Access mode: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fW032e2yA0BhtIpyzWfHaiUa.pdf> (accessed: 1.11.2024). (In Russ.)

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024

© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓢ Ⓞ ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:

Kuznetsova E. A., Cherepovitsyna A. A. Carbon dioxide capture projects: specifics of implementation and cost estimation (on the example of coal-fired power plants in Russia), *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 114–127. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-114-127> (In Russian).

Authors' Details:

Ekaterina A. Kuznetsova  <http://orcid.org/0000-0002-1435-3021>

Junior Researcher; e-mail: katia11911@gmail.com

Alina A. Cherepovitsyna  <http://orcid.org/0000-0001-5168-0518>

Candidate of Economics, Head of the Laboratory, Senior researcher; e-mail: iljinovaaa@mail.ru

2. Hong W.Y. A techno-economic review on carbon capture, utilisation and storagesystems for achieving a net-zero CO₂ emissions future // Carbon Capture Science & Technology. – 2022. – Vol. 3. – pp. 29. DOI: 10.1016/j.ccst.2022.100044.
3. Resolution of the Government of the Sakhalin Region "On approval of the program for conducting an experiment to limit greenhouse gas emissions in the Sakhalin Region" dated November 28, 2022 No. 551. [Electronic resource]. Access mode: <http://government.ru/docs/all/142496/> (accessed: 1.11.2024). (In Russ.)
4. Tribe M.A., Alpine R.L.W. Scale economies and the «0.6 rule» // Engineering Costs and Production Economics. – 1986. – Vol. 10 (4). – pp. 271–278. DOI: 10.1016/0167-188X(86)80025-8.
5. CCS Facilities Database // Global CSS Institute. [Electronic resource]. Access mode: <https://co2re.co/FacilityData> (accessed: 01.11.2024).
6. Skobelev D.O., Cherepovitsyna A.A., Guseva T.V. Carbon dioxide sequestration technologies: role in achieving carbon neutrality and approaches to cost assessment // Zapiski Gornogo Instituta. – 2023. – Vol. 259. – pp. 125–140. EDN: UHRPUF. (In Russ.)
7. Van Straelen J. [et al.]. CO₂ capture for refineries, a practical approach // International Journal of Greenhouse Gas Control. – 2010. – Vol. 4(2). – pp. 316–320. DOI: 10.1016/j.egypro.2009.01.026.
8. Global Status of CCS 2023 // Global CCS Institute. – 2023. [Electronic resource]. Access mode: <https://status23.globalccsinstitute.com/> (accessed: 01.11.2024).
9. Putting CO₂ to Use // International Energy Agency. – 2019. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.iea.org/reports/putting-co2-to-use> (accessed: 01.11.2024).
10. The Section 45Q Tax Credit for Carbon Sequestration // Congressional Research Service. [Electronic resource]. Access mode: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11455> (accessed: 01.11.2024).
11. Mendgen A. Carbon Taxes in Europe. – 2023 // Tax Foundation Europe. [Electronic resource]. Access mode: <https://taxfoundation.org/data/all/eu/carbon-taxes-in-europe-2023/> (accessed: 01.11.2024).
12. Carbon Units Register. [Electronic resource]. Access mode: <https://carbonreg.ru/ru/projects/> (accessed: 01.11.2024). (In Russ.)
13. The Northern Lights project // Equinor. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.equinor.com/energy/northern-lights> (accessed: 01.11.2024).
14. Madejski P. [et al.]. Methods and techniques for CO₂ capture: Review of potential solutions and applications in modern energy technologies // Energies. – 2022. – Vol. 15(3). – pp. 21. DOI: 10.3390/en15030887.
15. Kheiriniq M., Ahmed S., Rahmanian N. Comparative techno-economic analysis of carbon capture processes: Pre-combustion, post-combustion, and oxy-fuel combustion operations // Sustainability. – 2021. – no. 13(24). DOI: 10.3390/su132413567.
16. Meeting the Dual Challenge // National Petroleum Council. – 2019. [Electronic resource]. Access mode: <https://dualchallenge.npc.org/> (accessed: 01.11.2024).
17. Samaras C. [et al.]. Coal-Fired Power Plant Designs, Systems, and Components // Characterizing the U.S. Industrial Base for Coal-Powered Electricity. – RAND Corporation. – 2011. – pp. 23–34. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.jstor.org/stable/10.7249/mg1147net1.11> (accessed: 01.11.2024).
18. Order of the FAS Russia "On approval of prices (tariffs) for electric energy for 2024, supplied under conditions of restriction or absence of competition upon introduction of state regulation" dated 11.12.2023 No. 965/23 // Garant.ru. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408155055/> (accessed: 01.11.2024). (In Russ.)
19. Order of the Federal Antimonopoly Service "On approval of prices (tariffs) for electric energy (capacity) ... for 2021–2025" dated 25.12.2020 No. 1273/20 // Garant.ru. [Electronic resource]. Access mode: <https://base.garant.ru/400152040/> (accessed: 01.11.2024). (In Russ.)
20. Cherepovitsyna A.A. Carbon capture and storage: government regulation measures, global experience and the situation in Russia // Economics of Sustainable Development. – 2024. – No. 1 (57). – pp. 178–183. EDN: ZVCCUB. (In Russ.)

УДК 330.4

Развитие экономической деятельности предприятий перерабатывающей промышленности как фактор экономической стабильности и независимости государства

В. В. Лукьянова, А. В. Юкласова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С.П. Королева, Россия, 443086, Самара, ул. Московское шоссе, д. 34.

Аннотация

В статье исследуется состояние перерабатывающей промышленности России в условиях текущих экономических вызовов и санкционного давления. Приведён подробный анализ структуры ВВП, демонстрирующий изменения доли перерабатывающего сектора за последние десятилетия. Выявлены ключевые проблемы, такие как кадровый дефицит, высокий уровень износа оборудования, недостаточные инвестиции в НИОКР и зависимость от импортных поставок. Рассмотрена динамика производственных мощностей, роль государственных программ поддержки и законодательных инициатив, способствующих развитию отрасли. Предложено расширить инвестиции в НИОКР, стимулировать экспорта, повышать квалификацию кадров и диверсифицировать производственные процессы, уделять внимание вопросам вторичной переработки и улучшению экологической устойчивости.

Ключевые слова: перерабатывающая промышленность; санкции; развитие; проблемы; перспективы.

Получение: 26 сентября 2023 г. / Исправление: 26 октября 2024 г. /
Принятие: 25 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

🌐 ©📄 Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Лукьянова В. В., Юкласова А.В. Развитие экономической деятельности предприятий перерабатывающей промышленности как фактор экономической стабильности и независимости государства // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 128–138. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-128-138>.

Сведения об авторах:

Валентина Васильевна Лукьянова  <http://orcid.org/0000-0002-3105-5026>

к.э.н., доцент кафедры государственного и муниципального управления; e-mail: vv2724@mail.ru

Анастасия Валерьевна Юкласова  <http://orcid.org/0009-0007-9684-8864>

к.э.н., доцент кафедры государственного и муниципального управления ;

e-mail: yuklasova.anasta@mail.ru

Введение

Перерабатывающая промышленность играет важную роль в обеспечении экономической устойчивости, создавая добавленную стоимость и стимулируя развитие смежных отраслей. Однако её актуальность возрастает в условиях современных вызовов: глобализация, санкционное давление и необходимость технологической модернизации ставят перед российской перерабатывающей отраслью как задачи, так и открывают новые возможности. Научная новизна исследования заключается в анализе текущего состояния перерабатывающей промышленности, выявлении ключевых проблем и предложении рекомендаций для её дальнейшего развития. Объектом исследования является перерабатывающая промышленность Российской Федерации, а предметом – её экономические, технологические и кадровые аспекты. Практическая значимость работы определяется возможностью использования её выводов и рекомендаций для формирования государственной политики, стратегий предприятий и разработки программ поддержки отрасли.

Существующие исследования демонстрируют важность перерабатывающей промышленности для экономики, однако такие аспекты, как кадровый дефицит, технологическая модернизация и структурные изменения, остаются недостаточно изученными. В рамках данной работы проанализированы данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Самарской области, нормативные акты и мнения экспертов. Целью исследования является разработка предложений по повышению эффективности перерабатывающей промышленности с учётом текущих вызовов.

Эксперты отмечают, что уход западных брендов с российского рынка открыл новые ниши, которые могут быть освоены отечественными производителями. Это создало предпосылки для развития регионального предпринимательства, включая расширение масштабов бизнеса, увеличение объемов выпуска продукции и диверсификацию направлений деятельности. Многие предприниматели рассматривают текущие экономические вызовы как возможности для создания и реализации прибыльных бизнес-стратегий [1].

Экономические результаты Российской Федерации, достигнутые в 2023 году, привлекли значительное внимание иностранных экономических сообществ. Несмотря на усиление санкционного давления, страна опровергла негативные прогнозы и предположения о неизбежности затяжного кризиса. В условиях экономических ограничений удалось не только сохранить положительную динамику, но и продемонстрировать существенный рост, что свидетельствует о высоком уровне устойчивости и адаптивности отечественной экономики. Российская экономика не только справилась с вызовами, но и продемонстрировала уверенный рост, став одним из ключевых событий 2023 года.

Обзор литературы и нормативных документов показал, что многие авторы акцентируют внимание на необходимости модернизации промышленного оборудования, внедрении инноваций и решении кадрового кризиса. Тем не менее, вопросы взаимодействия факторов технологического и экономического развития остаются дискуссионными, что подчёркивает необходимость дальнейших исследований в данной области.

1. Методология и результаты

Информационно-эмпирическая база исследования опирается на материалы Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Самарской области, а также на нормативные документы и на материалы российской ассоциации производителей специализированной техники и оборудования, разработки российских ученых, экспертов и опыте практиков. В процессе исследования применялись экономико-статистические, абстрактно-логический и др. методы исследования.

По состоянию на 1990 год, доля переработки в общем российском ВВП составила 26.5 %, что свидетельствовало о значительной роли этой сферы в экономике страны. Однако в условиях мирового экономического кризиса конца 90-х, эта цифра резко сократилась, составив уже через 5 лет 19.7 %. Рыночные реформы привели к небольшому восстановлению, но к 2002 году переработка вновь потеряла в объемах, составив 17.8 %, и продолжала сокращаться до 14.8 % к 2010 году.

К 2023 году добывающая промышленность России обеспечила 12.4 % ВВП, а обрабатывающая промышленность – 13.5 %. Вклад сельского и рыбного хозяйства составил 4.0 %, тогда как производство и распределение электрической энергии, газа и воды обеспечило 2.2 %. Строительный сектор внес 5.0 % в общий объем, а транспорт и связь – 6.9 %.

Суммарно на реальную экономику в 2023 году пришлось 40.6 % ВВП, включая 25.9 %, которые были обеспечены всей промышленностью, объединяющей добывающий и обрабатывающий сектора. По результатам на июнь 2024 года добывающая промышленность России обеспечила 10.1 % ВВП, а обрабатывающая промышленность – 14.6 %. Динамика показателей свидетельствует об увеличении вклада обрабатывающей промышленности и указывает на усиление роли перерабатывающего сектора в экономике страны.

Тем не менее, перерабатывающая промышленность России сталкивается с рядом проблем, которые существенно влияют на её производственные показатели и развитие. Одной из главных причин производственного кризиса последних лет является кадровый дефицит, что затрудняет выполнение производственных планов. Кроме того, высокий уровень загрузки мощностей, достигший исторического максимума в IV квартале 2023 года (81 %), указывает на предельную нагрузку на отрасль. Кроме того, сбои в поставках сырья и ингредиентов, вызванные дефицитом импортных компонентов и нарушением цепочек поставок, иногда приводят к временным остановкам производственных линий.

К другим важным проблемам можно отнести слабую материально-техническую базу, ограничивающую возможность комплексной переработки сырья, низкий технологический уровень, мешающий глубокой переработке сельскохозяйственного сырья, а также дефицит высококачественного сырья и износ технологического оборудования.

Так, причины, вызвавшие производственный кризис, включают такие факторы, как технологическая отсталость оборудования, недостаточные инвестиции в модернизацию, высокий уровень неквалифицированной рабочей силы, зависимость от внешних поставок и значительная доля зарубежной продукции на внутреннем рынке. Эти обстоятельства существенно осложнили конкурентоспособность местных производителей.

Однако в настоящее время зафиксировано снижение доли импортной продукции, что свидетельствует о постепенном укреплении национального производства. Кроме того, сегодня заметно изменилась структура российской экономики, где доля переработки выросла до 43 %, чего никогда не было за новейшую историю России. При этом без учета нефтепереработки и пищевой индустрии доля перерабатывающей промышленности находится на уровне около 13 %. Об этом сообщил президент нашей страны во время российско-казахстанских переговоров в 2023 году, обсуждая вопрос о сотрудничестве в энергетике [2–3].

Стабильное функционирование предприятий перерабатывающей промышленности обеспечивает значительные налоговые поступления в государственный бюджет. Это позволяет финансировать социальные программы, инфраструктурные проекты и другие государственные инициативы.

Инвестиции в НИОКР играют ключевую роль в развитии перерабатывающей промышленности. Они способствуют созданию новых технологий и улучшению существую-

щих процессов производства. Современные технологии позволяют повысить эффективность производства за счет автоматизации процессов, использования искусственного интеллекта и других инновационных решений. Это не только уменьшает издержки производства, но также повышает качество продукции.

Государственные программы поддержки инноваций играют важную роль в стимулировании технологического развития отрасли.

2. Обсуждение

Эффективная деятельность предприятий перерабатывающей промышленности становится важнейшим аспектом уровня жизни граждан, особенно в сфере переработки, что позволяет обозначить её как основополагающий элемент экономики и интегратор развития страны. В свою очередь, производственная составляющая предприятий перерабатывающей промышленности способна обеспечить устойчивое развитие и комфортное существование всех граждан России.

В текущих условиях конкурентной среды компании сталкиваются с необходимостью оптимизации производственных процессов, выявления уникальных особенностей своей продукции и разработки чётких стратегий для успешной адаптации и повышения конкурентоспособности [4].

Важнейшей частью работы каждого государства является приведение своей продукции в соответствие с международными нормами, что способствует увеличению экспортных возможностей и, как следствие, росту производственной эффективности и увеличению добавленной стоимости изделий. В условиях изменений в рыночной среде компаниям, стремящимся укрепить свои позиции на рынке, необходимо разрабатывать и внедрять инновационные подходы, направленные на диверсификацию производственных процессов и улучшение характеристик продукции, что способствует повышению её конкурентоспособности.

Принимая во внимание, что перерабатывающая промышленность является важной составляющей внешней экономики, в статье более подробно рассматриваются вопросы её развития, так как машиностроение традиционно воспринималось как ведущая отрасль промышленности, характеризующаяся закономерностью опережающего развития в экономике и внешней торговле. Одной из ключевых отраслей машиностроительного комплекса является производство оборудования для перерабатывающей промышленности. Применение передовых технологий в данной сфере не только улучшило производственные результаты, но и обеспечило эффективную техническую поддержку на разных уровнях и на различных стадиях производства. Создание специализированного оборудования в этой области имеет решающее значение для достижения устойчивого экономического роста и решения актуальных социальных задач, что, в свою очередь, подчеркивает необходимость государственной поддержки и инвестиций в эту стратегически важную отрасль.

Эксперты подчеркивают, что сегодня существенно расширились перспективы для совершенствования технологий и росту экономики, что стало возможным благодаря более долгосрочным прогнозам. В соответствии с законодательством РФ, создание стратегических планов является обязательным, включая и отраслевые стратегии сюжетной линии, такие как «Стратегия развития машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности на период до 2030 года» (далее – Стратегия) [5].

Стратегия определяет ключевые приоритеты, цели, задачи и показатели развития перерабатывающей промышленности, а также механизмы и способы их эффективной реализации, она охватывает 29 направлений, связанных с производством оборудования для

хранения, переработки и реализации продукции, сырья и продовольствия.

Основной целевой показатель заключается в трёхкратном росте к 2030 году объёмов реализации продукции перерабатывающей промышленности, что предполагает укрепление позиций отечественных производителей на внутреннем рынке, так и ускоренный рост экспортных поставок, что важно для расширения присутствия российских товаров на внешних рынках. Особое внимание в Стратегии уделяется следующим инициативам [6]:

- существенное увеличение доли затрат российских предприятий на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) до 2 % от общего объёма выручки, что будет способствовать внедрению новых технологий и модернизации оборудования;
- рост экспортных поставок продукции машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности на 10% ежегодно;
- увеличение доли российского оборудования на внутреннем рынке с 42 % до 62 %, что поможет повысить конкурентоспособность отечественных предприятий переработки.

В РФ разработана законодательная база, направленная на поддержку машиностроения, в частности для перерабатывающих предприятий. Так, Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31 декабря 2014 года № 488 – ФЗ является основополагающим законодательным актом, который регулирует отношения в сфере промышленности между различными субъектами, организациями, а также органами государственной власти и местного самоуправления. Этот закон направлен на создание нормативной базы для эффективного развития отечественной промышленности и стимулирования её модернизации [7].

Стратегия развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 года, утверждённая распоряжением Правительства РФ от 17 августа 2017 года № 1756-р, ориентирована на создание благоприятных условий для развития транспортного машиностроения, включая производство железнодорожного подвижного состава, трамвайных вагонов и вагонов метрополитена. Это способствует повышению уровня инфраструктуры страны и улучшению качества транспортных услуг [8].

Кроме того, существует ряд постановлений Правительства РФ, регулирующих меры государственной поддержки, направленные на стимулирование спроса на машиностроительную продукцию, среди них:

- постановление от 4 июня 2020 года № 823, которое включает программу субсидирования скидок на российское оборудование для перерабатывающей промышленности [9];
- постановление от 17 февраля 2018 года № 163, регулирующее программу льготного кредитования российской специализированной техники [10].

В 2024 году в России действуют меры поддержки малого и среднего предпринимательства, направленных на поддержку предприятий перерабатывающей промышленности. Одной из таких мер является льготное кредитование, в рамках которого предприятия могут получить кредиты на перестройку производства под 4,5 % годовых и на развитие производства под 3 %. Эти средства могут быть использованы для закупки нового оборудования, капитального ремонта производственных помещений или запуска новых производств. В приоритетном порядке кредиты предоставляются предприятиям в сферах переработки сельскохозяйственной продукции, логистики и гостиничного бизнеса.

Кроме того, предусмотрена совмещённая инвестиционная программа (1764 + МСП), в которой могут участвовать предприниматели, занимающиеся обрабатывающим производством, включая переработку сельскохозяйственной продукции. В рамках программы

предоставляются льготные кредиты на капитальные затраты и текущие расходы, связанные с реализацией инвестиционных проектов. Также существует совмещённая программа льготного кредитования ПСК + 1764, которая распространяется на предприятия малого и среднего бизнеса, работающие в переработке сельскохозяйственной продукции. В рамках этой программы микропредприятия могут получить до 200 млн рублей, малые предприятия – до 500 млн рублей, а средние предприятия – до 2 млрд рублей. Ставка по кредитам составляет 9 % годовых для микропредприятий и малых предприятий, и 7.5 % для средних. Срок кредитования – до 10 лет, первые 5 лет из которых предоставляются на льготных условиях.

Существует острая проблема нехватки квалифицированных специалистов в данной сфере. В год, в среднем, выпускается порядка 180–190 тысяч дипломированных специалистов, но, к сожалению, только малой части удается успешно трудоустроиться по своей специальности. В 2024 году для решения проблемы нехватки кадров на предприятиях перерабатывающей промышленности предусмотрены несколько стратегий, направленных на привлечение и удержание квалифицированных специалистов. Одним из основных методов является повышение заработной платы, что способствует не только привлечению новых сотрудников, но и удержанию уже работающих, увеличивая тем самым конкурентоспособность предприятия на рынке труда.

Кроме того, для решения кадровой проблемы предлагается расширение возможностей привлечения иностранных работников. В 2024 году правительство России увеличило квоту на привлечение иностранных специалистов по рабочей визе на 26 % по сравнению с 2023 годом, что позволило установить планку на уровне 155 тысяч человек, что может существенно компенсировать дефицит трудовых ресурсов в промышленности [11].

Пересмотр системы подбора персонала, а в частности, внедрение инновационных методов привлечения работников, таких как использование цифровых платформ и тестирование различных стратегий найма, позволяет не только повысить эффективность поиска кандидатов, но и значительно сократить расходы, связанные с рекрутингом.

Создание комфортных условий труда для сотрудников также играет значительную роль в привлечении и удержании кадров. Будущие сотрудники обращают внимание не только на уровень заработной платы, но и на такие дополнительные привилегии, как питание, развитая инфраструктура, медицинская страховка, жилье, а также возможности для карьерного роста и хорошие отношения в коллективе.

Дополнительно, предприятия перерабатывающей промышленности могут участвовать в национальном проекте «Производительность труда», который направлен на оптимизацию производственных процессов, снижение издержек и улучшение условий труда. Участие в этом проекте способствует не только повышению эффективности деятельности предприятия, но и созданию привлекательных условий для сотрудников, что, в конечном итоге, помогает решить проблему кадровой нехватки [12].

В свою очередь, острая проблема старения промышленных мощностей и низкой степени автоматизации перерабатывающих участков в России напрямую связаны с моральным износом оборудования. Средний возраст оборудования на российских перерабатывающих предприятиях составляет около 70 лет, что существенно ограничивает эффективность его работы и повышает издержки производства.

Для примера, согласно данным Федеральной службы государственной статистики по Самарской области, процент износа основных фондов, по полной стоимости, увеличился с 58.3 % в 2018 году до 62.2 % в 2022 году. При этом коэффициент обновления основных фондов сократился с 9.1 % в 2018 году до 6.1 % в 2022 году [13].

Техника и оборудование, установленные на отечественных заводах, не позволяют перерабатывать сырьё без потерь, которые составляют примерно 3–4%. В то время как мировые стандарты предусматривают потери на уровне 0.5–0.6%, что свидетельствует о значительном отставании России в этом направлении и указывает на необходимость модернизации технологической инфраструктуры.

Для устранения этой проблемы рекомендуется проведение комплексной модернизации техники – технологической базы перерабатывающих предприятий, что предполагает внедрение современного оборудования.

Так, например, для ослабления зависимости от импорта и повышения технологической независимости специалистами Московского государственного университета пищевых производств (МГУПП) предлагается создание Национального инжинирингового центра пищевых систем, который будет заниматься разработкой нового оборудования и технологий, а также адаптацией зарубежных технологий к специфическим условиям отечественного производства.

Несмотря на рост объёма обновления основных средств, их уровень по-прежнему недостаточен для полноценного обеспечения отечественного рынка товарами местных производителей в рамках реализации политики снижения импорта. В последние годы модернизация перерабатывающей промышленности в основном осуществлялась за счёт закупки иностранного оборудования, что влечет дополнительные риски для страны.

Эти риски можно минимизировать, если в процессе обновления производственных мощностей перерабатывающей промышленности активно привлекать мощности отечественного машиностроения, что снизит зависимость от импорта и повысит конкурентоспособность национальной экономики.

Из-за недостаточной материально-технической базы многих предприятий и неудовлетворительного состояния инфраструктуры, не удастся эффективно использовать местные сырьевые ресурсы, что приводит к значительным экономическим потерям. Применение устаревших машин и технологий является серьёзным препятствием для развития процессов переработки продукции. В результате этого продукция теряет свою конкурентоспособность, что в свою очередь, вызывает дополнительные финансовые потери и снижает экономическую эффективность.

Для улучшения и развития производственной сферы в Российской Федерации следует не только улучшить оснащение предприятий новейшими технологиями и современным оборудованием, но и реализовывать высокоэффективные и безопасные инновационные механизмы, способствующие полной переработке сельскохозяйственного сырья и производству качественной продукции, способной успешно конкурировать на международном рынке [13].

В настоящее время российская переработка сталкивается с серьёзной проблемой – недостаточным уровнем утилизации отходов. Из-за нерегулируемого потребления энергетических ресурсов, угля, не подлежащих восстановлению, необходимо искать пути для реализации вторичных источников, помимо применения естественных ресурсов.

Усовершенствование процессов вторичной переработки, в частности, органических отходов, являющихся остатками переработки, становится актуально, а их превращение в альтернативное топливо, подчеркивающее переход к устойчивым методам работы, становится прогрессивным направлением в борьбе с дефицитом энергии. Проблема утилизации энергетических отходов остается актуальной в нашей стране и требует незамедлительного решения. На данный момент в большинстве сельхозпредприятий отходы просто сбрасываются на поля, что приводит к деградации земель и загрязнению водоемов.

Россия обладает огромным потенциалом в сфере переработки, но его реализация оставляет желать лучшего. Существующий подход к упаковке и маркетингу переработанных товаров неэффективен и делает даже качественную продукцию непривлекательной для потребителей. Решение этих вопросов повлечет за собой не только увеличение товарной конкурентоспособности, но и смену подходов к производству и потреблению.

Говоря о перспективах развития перерабатывающей промышленности, представляется в качестве некой инструкции сформулировать формулу перспективного развития перерабатывающей промышленности: «Рациональное использование природных ресурсов + Переработка вторичных материалов + Создание новых рабочих мест + Инвестиции в производство + Квалифицированные кадры = Развитие перерабатывающей промышленности».

Таким образом, развитие собственной перерабатывающей промышленности позволяет странам снизить зависимость от импорта сырья путем создания замкнутых циклов производства внутри страны. Переработка вторичных материалов (рециклинг) позволяет снизить нагрузку на природные ресурсы и уменьшить экологический след производства.

Создание новых рабочих мест является одним из главных социально-экономических эффектов развития перерабатывающей промышленности. Оно становится основой для улучшения уровня жизни граждан, что в свою очередь способствует инвестированию в экономику региона и улучшению социальной структуры: строятся новые дороги, улучшается транспортная система, развивается социальная инфраструктура (школы, больницы) [14].

Для обеспечения устойчивого роста необходимы квалифицированные кадры. Государственные образовательные программы должны быть направлены на подготовку специалистов для работы на высокотехнологичных производствах.

Заключение

1. Исследовано состояние перерабатывающей промышленности России в условиях текущих экономических вызовов и санкционного давления.
2. Подробно проанализирована структура ВВП, демонстрирующая изменения доли перерабатывающего сектора за последние десятилетия.
3. Выявлены ключевые проблемы, такие как кадровый дефицит, высокий уровень износа оборудования, недостаточные инвестиции в НИОКР и зависимость от импортных поставок.
4. Показана динамика производственных мощностей, роль государственных программ поддержки и законодательных инициатив, способствующих развитию отрасли.
5. Предложено расширить инвестиции в НИОКР, стимулировать экспорта, повышать квалификацию кадров и диверсифицировать производственные процессы, уделять внимание вопросам вторичной переработки и улучшению экологической устойчивости.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Как Россия выстояла перед лицом западных санкций // Российская газета. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2024/02/08/zapas-prochnosti.html> (дата обращения: 09.02.2024)

2. Мишустин заявил о выполненной задаче по доле обрабатывающего сектора в ВВП РФ // Российская газета. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2024/04/03/mishustin-zaiavil-o-vypolnennoj-zadache-po-dole-obrabatyvaiushchego-sektora-v-vvp-rf.html> (дата обращения: 03.04.2024)
3. За 2023 год промышленное производство в России выросло на 3.5% // Реальное время. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://realnoevremya.ru/news/306290-za-2023-god-rost-promyshlennogo-proizvodstva-v-rossii-vyros-na-35> (дата обращения: 03.04.2024)
4. Федоров В.Х., Ткаченко И.В., Анисимова О.С., Кувичкин Н.М. Повышение стратегической неуязвимости предприятий АПК методами стратегического управления // Фундаментальные исследования. – 2022. – № 2. – С. 55–60. EDN: AYPVAU.
5. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» от 29.06.2016 № 1364-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420363999> (дата обращения: 13.10.2024)
6. Предварительные итоги развития предприятий пищевого машиностроения России в 2022 году: доклад Российской ассоциации производителей специализированной техники и оборудования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pm.rosspetsmash.ru/forum-2022/> (дата обращения: 28.02.2024)
7. Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31.12.2014 № 488-ФЗ (с изменениями на 30 ноября 2024 года). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420242984> (дата обращения: 05.12.2024)
8. Стратегия развития транспортного машиностроения Российской Федерации на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/436759657?marker=6580IP> (дата обращения: 28.02.2024)
9. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета производителям специализированной техники или оборудования в целях предоставления покупателям скидки при приобретении такой техники или оборудования» от 04.06.2020 № 823. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/74225985/> (дата обращения: 01.12.2024)
10. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил предоставления субсидий российским кредитным организациям на возмещение выпадающих доходов по кредитам, выданным на приобретение специализированной техники и деревянных домов» от 17.02.2018 № 163. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/71884054/> (дата обращения: 01.12.2024)
11. Официальный сайт «journal.tinkoff.ru». Как государство и компании решают проблему кадрового голода: 8 способов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/list/personnel-hunger/> (дата обращения: 01.12.2024)
12. Паспорт национального проекта «Производительность труда». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xn--80aаратрeмссhfmо7а3с9ehj.xn--plai/projects/proizvoditelnost-truda/> (дата обращения: 01.12.2024)
13. Промышленное производство. Федеральная служба государственной статистики по Самарской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://63.rosstat.gov.ru/production#> (дата обращения: 10.09.2024)
14. Лукиянова В.В. Вопросы справедливости распределения материальных благ // Основы экономики, управления и права. – 2024. – № 3 (42). – С. 72–77. EDN: CAKLIE.

Development of economic activities of processing industry enterprises as a factor of economic stability and independence of the state

V. V. Lukyanova, A. V. Yuklasova

Samara National Research University, 34,
Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article examines the state of the Russian processing industry in the context of current economic challenges and sanctions pressure. A detailed analysis of the GDP structure is provided, demonstrating changes in the share of the processing sector over the past decades. Key problems are identified, such as personnel shortages, high levels of equipment depreciation, insufficient investment in R&D and dependence on imported supplies. The dynamics of production capacity, the role of government support programs and legislative initiatives that contribute to the development of the industry are considered. It is proposed to expand investment in R&D, stimulate exports, improve personnel qualifications and diversify production processes, pay attention to recycling and improve environmental sustainability.

Keywords: processing industry; sanctions; development; problems; prospects.

Received: Tuesday 26th September, 2023 / Revised: Saturday 26th October, 2024 /
Accepted: Monday 25th November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. How Russia Survived Western Sanctions // Rossiyskaya Gazeta. [Electronic Resource]. Access mode: <https://rg.ru/2024/02/08/zapas-prochnosti.html> (accessed: 09.02.2024) (In Russ.)

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024

© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓢ Ⓞ ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Lukyanova V. V., Yuklasova A. V. Development of economic activities of processing industry enterprises as a factor of economic stability and independence of the state, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 128–138. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-128-138> (In Russian).

Authors' Details:

Valentina V. Lukyanova  <http://orcid.org/0000-0002-3105-5026>

Ph.D. in Economics, Associate Professor; Associate Professor of the Department of State and Municipal Administration; e-mail: vv2724@mail.ru

Anastasiya V. Yuklasova  <http://orcid.org/0009-0007-9684-8864>

Ph.D. in Economics, Associate Professor; Associate Professor of the Department of State and Municipal Administration; e-mail: yuklasova.anasta@mail.ru

2. Mishustin Announces Completion of Task on Share of Manufacturing Sector in Russian GDP // Rossiyskaya Gazeta. [Electronic Resource]. Access mode: <https://rg.ru/2024/04/03/mishustin-zaiavil-o-vypolnennoj-zadache-po-dole-obrabatyvaiushchego-sektora-v-vvp-rf.html> (accessed: 03.04.2024) (In Russ.)
3. In 2023, industrial production in Russia grew by 3.5% // Realnoe Vremya. [Electronic resource]. Access mode: <https://realnoevremya.ru/news/306290-za-2023-god-rost-promyshlennogo-proizvodstva-v-rossii-vyros-na-35> (accessed: 03.04.2024) (In Russ.)
4. Fedorov V.Kh., Tkachenko I.V., Anisimova O.S., Kuvichkin N.M. Increasing the strategic invulnerability of agro-industrial complex enterprises by methods of strategic management // Fundamental research. – 2022. – No. 2. – pp. 55–60. EDN: AYPVAU (In Russ.)
5. Order of the Government of the Russian Federation "On approval of the Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030" dated 06/29/2016 No. 1364-r. [Electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/420363999> (accessed: 13.10.2024) (In Russ.)
6. Preliminary results of the development of food engineering enterprises in Russia in 2022: report of the Russian Association of Manufacturers of Specialized Machinery and Equipment. [Electronic resource]. Access mode: <https://pm.rosspetsmash.ru/forum-2022/> (accessed: 28.02.2024) (In Russ.)
7. Federal Law "On Industrial Policy in the Russian Federation" dated 31.12.2014 No. 488-FZ (as amended on November 30, 2024). [Electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/420242984> (accessed: 05.12.2024) (In Russ.)
8. Strategy for the Development of Transport Engineering of the Russian Federation for the Period up to 2030. [Electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/436759657?marker=6580IP> (accessed: 28.02.2024) (In Russ.)
9. RF Government Resolution "On approval of the Rules for providing subsidies from the federal budget to manufacturers of specialized machinery or equipment in order to provide buyers with a discount on the purchase of such machinery or equipment" dated 04.06.2020 No. 823. [Electronic resource]. Access mode: <https://base.garant.ru/74225985/> (accessed: 01.12.2024) (In Russ.)
10. RF Government Resolution "On approval of the Rules for providing subsidies to Russian credit institutions to compensate for lost income on loans issued for the purchase of specialized equipment and wooden houses" dated 17.02.2018 No. 163. [Electronic resource]. Access mode: <https://base.garant.ru/71884054/> (accessed: 01.12.2024) (In Russ.)
11. Official website "journal.tinkoff.ru". How the state and companies solve the problem of personnel shortage: 8 ways. [Electronic resource]. Access mode: <https://journal.tinkoff.ru/list/personnel-hunger/> (accessed: 01.12.2024) (In Russ.)
12. Passport of the national project "Labor Productivity". [Electronic resource]. Access mode: <https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--plai/projects/proizvoditelnost-truda/> (accessed: 01.12.2024) (In Russ.)
13. Industrial production. Federal State Statistics Service for the Samara Region. [Electronic resource]. Access mode: <https://63.rosstat.gov.ru/production#> (accessed: 10.09.2024) (In Russ.)
14. Lukyanova V.V. Issues of fairness in the distribution of material goods // Fundamentals of Economics, Management and Law. – 2024. – No. 3(42). – pp. 72–77. EDN: CAKLIE (In Russ.)

УДК 338

Актуальные вопросы устойчивости экономики в условиях глобальных изменений современности

М. М. Манукян¹, В. М. Рамзаев²

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Россия, 443086, Самара, ул. Московское шоссе, 34.

²Самарский университет государственного управления «Международный институт рынка», 443030, Россия, г. Самара, ул. Г.С. Аксакова, д. 21.

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению актуальных вопросов устойчивости экономики в условиях изменений и экоклиматических рисков современности. Проведен оценочный анализ прогресса в достижении целей в области устойчивого развития в параметрах страновых экономических систем и Парижского соглашения о климате. Рассмотрено состояние развития международных финансовых, государственных систем, инвестиционных фондов зеленого финансирования и развития инструментов инвестиционного управления. Проанализированы динамики развития экоответственных финансов, методики оценки и индикаторы целей устойчивого развития (ЦУР) для государств, отраслей и компаний, а также методики оценки ESG-рейтингов зарубежных и российских рейтинговых агентств. Сформулированы предложения по их совершенствованию и развитию. Показано, что достижение ЦУР невозможно без построения единой международной экономической системы управления.

Ключевые слова: устойчивость экономики; ресурсы; устойчивое развитие; экономический рост; инвестиционные фонды; инвестиционное управление; экономические модели; индикаторы устойчивого развития.

Получение: 26 сентября 2024 г. / Исправление: 26 октября 2024 г. /
Принятие: 27 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

⌚ © ⓘ Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Манукян М. М., Рамзаев В. М. Актуальные вопросы устойчивости экономики в условиях глобальных изменений современности // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 139–148. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-139-148>.

Сведения об авторах:

Марине Мартиновна Манукян  <http://orcid.org/0000-0001-7618-4633>

к.э.н., доцент; доцент кафедры экономики инноваций; e-mail: marinaarm89@mail.ru

Владимир Михайлович Рамзаев  <http://orcid.org/0009-0005-7512-5021>

д.э.н., доцент; первый проректор – проректор по науке и экономическому развитию; e-mail: ramzaevvm@mail.ru

Введение

Экоклиматические риски и заканчивающиеся, ограниченные в горизонтах XXI века ресурсы (углеводороды, минералы, вода и др.) несут существенные проблемы для развития мировой экономики и возможности существования человека в экосистеме планеты в длительном периоде. Кроме того, наряду с задачами создания глобальных международных и государственных экоклиматических фондов и национальных проектов актуальным является развитие мирового и национальных рынков ответственного финансирования.

В этой связи в 2015 году 193 странами были приняты ЦУР для обеспечения долговременного и гармоничного существования человека в экосистеме природы, что накладывает особые требования к развитию устойчивой экономики, которая должна быть структурирована таким образом, чтобы экономический рост был сбалансирован с возможностями сохранения и воспроизводства окружающей среды.

Несмотря на значительные усилия и прогресс в достижении ЦУР, мир сегодня сталкивается с серьезными преградами, которые препятствуют реализации поставленных целей, – это неравенство экономик, конфликты, рост климатических природных катаклизмов, отсталость в устойчивых технологиях и многое другое.

Кроме того, особенностью развития современной экономики и глобальных технологических рынков является то, что лидеры в чувствительных технологиях, в том числе экологических, опираются исключительно на национальные интересы, словно забыв о глобальных вызовах и экономической кооперации.

Происходит переход к агрессивной, протекционистской промышленно-технологической политике, что может знаменовать собой отход от эпохи глобализации к новой фазе, где каждый, кому выгодно, – за глобальную экономику, а технологические лидерства и ноу-хау – это исключительно свое, национальное, даже в устойчивых технологиях.

Но при этом политиками и учеными в настоящее время неоднократно отмечалось, что современное управление в глобальной экономике мира неэффективно, ориентировано в первую очередь на лидеров и «не справедливо» для развивающихся стран и стран со слабой экономикой, без участия которых невозможно парировать экоклиматические риски. Все вышеизложенное определяет актуальность данной работы.

Целью исследования является анализ взаимосвязи устойчивости экономики и прогресса достижения ЦУР в условиях современных изменений, а также выработка практических рекомендаций.

Объект исследования – процесс управления экономикой при достижении целей устойчивого развития.

Научная новизна исследования включает следующее:

- проведен страновой анализ достижения целей устойчивого развития для различных экономических систем;
- проанализированы и выделены международные финансово-экономические системы, инвестиционные фонды и ESG инструменты инвестиционного управления, определяющие возможности достижения ЦУР;
- доказана необходимость развития мирового и национальных рынков ответственного финансирования в рамках единой международной экономической системы управления, строящейся на основе моделей, позволяющих формировать области конкурентной устойчивости и баланса интересов всех участников процесса ЦУР-трансформации;
- проведен анализ динамики развития инструментов рынка экоответственных финансов и спрогнозирован умеренный рост в 2025 году;

- проанализированы методики оценки и индикаторы ЦУР для государств, отраслей и компаний, а также методики оценки ESG-рейтингов зарубежных и российских рейтинговых агентств.

Практическая значимость работы заключается в том, что выработанные рекомендации могут быть использованы органами государственной власти, отраслями промышленности и корпорациями для достижения целей устойчивого развития.

Ход исследования

Цели устойчивого развития в общественном сознании во многом воспринимаются как экологические повестки. Но устойчивое развитие – это и глобальная экономическая повестка, подразумевающая построение международных финансовых, государственных систем, инвестиционных фондов зеленого финансирования и развития инструментов инвестиционного управления, например, таких как ESG (Environmental, Social, Governance) и многое другое. Хотя неоспоримо, что экоклиматические риски были одним из главных триггеров, подвигнувших политиков и международное сообщество договариваться и заключить Парижское соглашение о климате в 2015 году.

Этот год ознаменовал начало уверенного роста решений задач в области ЦУР и ESG. Это продолжалось до 2021 года, но в 2022 году наблюдается резкое снижение ESG-инвестиций и зеленых облигаций, хотя казалось, что они будут только расти. В мире начались существенные турбулентности, новые дискуссии, связанные с отношением к зеленой повестке, энергопереходу и скорейшему отказу от ископаемого топлива, особенно использованию угля для тепло- и электрогенерации.

Лари Финк как руководитель Black Rock – самого крупного зеленого инвестфонда и главный трендсеттер в области ESG в октябре 2023 года заявил, что в финансовых кругах отношение к ESG становится неоднозначным, а сам термин может стать даже токсичным. По нашему мнению, этот своего рода «кризис» произошел в отношениях с банковским сообществом, считающим, что ESG-оценки излишне обременяют бизнес и инвестиции.

Вместе с тем проведенный анализ показывает, что повестка устойчивого развития остается актуальной и, наоборот, в общественном сознании становится все более востребованной.

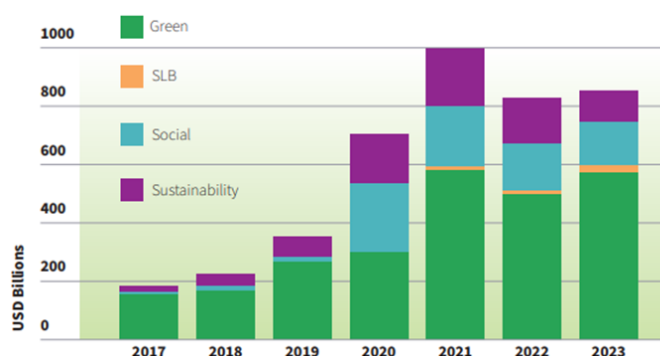


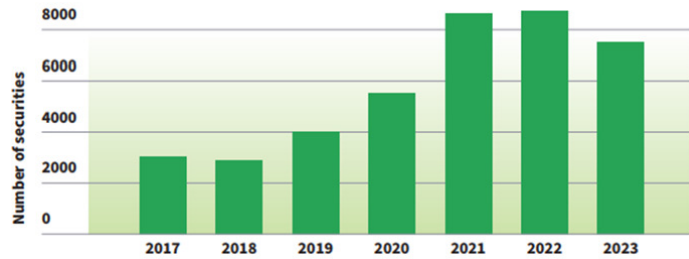
Рис. 1: Объем размещенных облигаций GSS+ в мире, млрд. долл. [1]

Fig. 1: Volume of GSS+ bonds issued worldwide, USD billion [1]

На указанных графиках (рис. 1–3) видно, что объем размещенных ESG и GSS+ облигаций в мире в 2023 году начинает расти, и в 2024 году, предположительно, будем наблюдать стабилизацию или умеренный рост. При этом динамика объема размещенных зеленых облигаций в мире в 2023 году продолжила падение, но мы можем предположить, что в 2024 год у перейдет к умеренному росту.

Рис. 2: Динамика объема размещенных зеленых облигаций в мире, [1]

Fig. 2: Dynamics of the volume of green bonds issued worldwide, billion dollars [1]



По данным исследований ООН о ходе выполнения ЦУР, они не будут полностью выполнены к 2030 году. Например, концентрация выбросов CO₂ в 2022 году достигла максимального значения за время наблюдений, также и в 2023 году продолжается его рост. В настоящее время выбросы углекислого газа выше на 150 % в сравнении с доиндустриальным периодом [2]. Данные по добыче и потреблению нефти, угля и газа, которые растут с 2021 по 2022 гг., подтверждают данную тенденцию.

На рисунке 4 представлены данные о ЦУР по всем направлениям, из которых следует, что имеются значительные отставания от запланированного уровня. Лишь 17% задач и целей могут быть выполнены в полном объеме к 2030 году.

Рис. 3: Объем размещенных ESG-облигаций в России, млрд. руб.

Fig. 3: Volume of ESG bonds placed in Russia, billion rubles

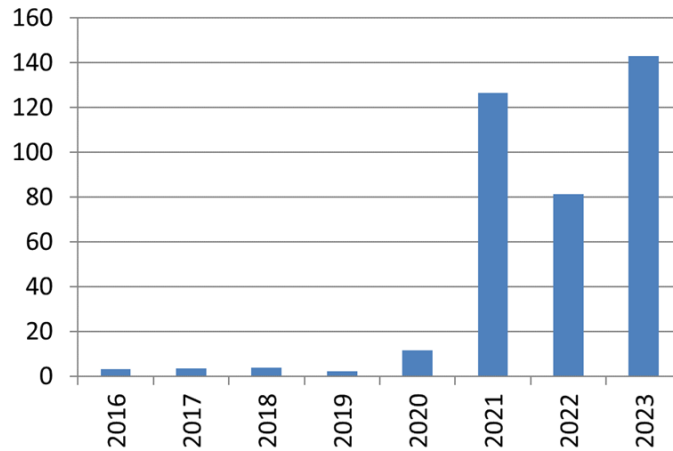
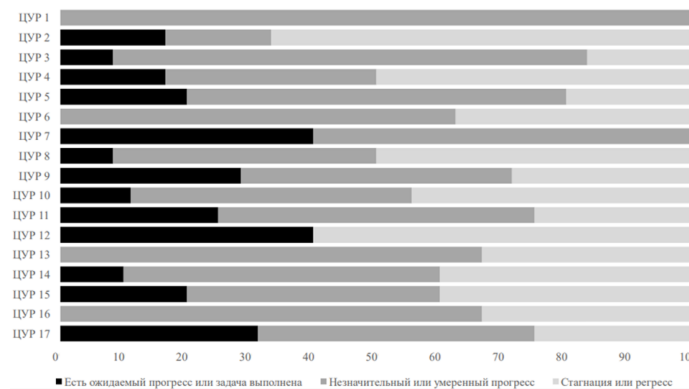


Рис. 4: Выполнение целей устойчивого развития в 2024 году (в %) [3]

Fig. 4: Achievement of the Sustainable Development Goals in 2024 (in %) [3]



Учитывая, что в 2024 году динамика изменений температуры достигла уже 1.45°C, можно предположить, что планка температуры в 1.5–2°C будет достигнута значительно раньше, чем установлено в Парижском соглашении о климате. В то же время в общественных, научных и политических кругах продолжается рост числа активностей и национальных и международных конференций и мероприятий, которые вовлекают в свою

орбиту все большее количество участников, подтверждая актуальность ЦУР и необходимость скорейшего решения финансовых и инвестиционных проблем, которые ограничивают дальнейшее движение вперед.

Наиболее значимыми мероприятиями за последний год можно отметить форум «Климатическая повестка БРИКС в современных условиях», который состоялся в Москве в августе 2024 года. В ноябре 2024 года завершила свою работу 29-я конференция ООН по изменению климата (COP 29), в которой основными вопросами были инвестиции и климатическое финансирование, справедливый энергетический переход, технологические инновации в энергетике, образование для новых поколений, формирование международного углеродного рынка и др. Несмотря на целый ряд противоречий и полярных мнений на COP 29, удалось утвердить правила работы международных углеродных рынков и увеличить объемы годового финансирования до 300 млрд. долл. к 2035 году.

При этом наряду с задачами создания глобальных международных и государственных эоклиматических фондов и национальных проектов, очевидно, актуальным является развитие мирового и национальных экоответственных финансовых рынков.

На фоне того, что эмиссия ESG-бумаг за 2023 год составила в мире 1 трлн. долл., российский рынок в 2023 году имеет небольшой рост (115 млрд. руб.), и наблюдается тенденция его восстановления, а также открытие новых ESG-проектов. Прогнозируемый среднегодовой темп роста составит 22.6 % [4].

По сектору стран с развивающимися экономиками в 2023 году можно отметить Индию (2 млрд. долл.), Мексику, Чили и Бразилию, а также Китай (350 млрд. долл.) [5].

В банковском секторе за рубежом лидерами являются США, Канада, Турция, Италия. В Китае объем эокредитов составил свыше 3.2 трлн. долл. (10 % от всего объема кредитов). В банковском секторе России ЦУР является приоритетными по решению Центрального Банка [6].

В энергетическом секторе в 2023 году инвестиции в источники чистой энергии солнце- и ветрогенерации только за первое полугодие составили 239 млрд. и 94 млрд. долл. соответственно. Китай в 2023 году вложил в зеленую энергию 271 млрд. долл. (41 % всех инвестиций в мире) [7].

К тому же в 2023 году эоклиматические кредиты в мире превысили финансирование ископаемых (нефть, газ, уголь) в сумме 530 млрд. долл. [8].

Проведенный анализ показал, что достижение ЦУР невозможно без построения единой международной экономической системы управления устойчивым развитием с понятными, прозрачными правилами, справедливо распространяющимися на всех участников. Очевидно, что, например, нельзя достичь экологических и климатических целей в отдельно взятой стране – ведь воздух на планете перемешивается от 2 недель до 2 месяцев.

А в реальности мы видим, что мир стоит на пороге введения Европейской трансграничной системы углеродного регулирования (ТУР), и это, по всей видимости, будет являться существенным экономическим тормозом всеобщего развития глобального управления. Например, в настоящее время в Китае нет планов по введению трансграничного углеродного регулирования импорта. Однако не исключается, что такие планы появятся после распространения национальной системы торговли выбросами на выбросы парниковых газов в отраслях промышленности и на транспорте.

Если, например, попытаться составить экономико-математическую модель процесса достижения имеющихся ЦУР, то совершенно очевидно, что в таком виде она не решаема и не имеет области компромиссов и устойчивых значений, особенно в условиях низкой базы и ограниченных ресурсов. Например, переход к ВИЭ требует колоссальных затрат,

пойдя на которые придется пожертвовать другими целями, а это борьба с бедностью, здоровье и образование. Замена пластика на экологически чистую продукцию массового потребления ведет бизнес и потребителей к росту издержек.

Очевидно, переход на устойчивое развитие снижает конкурентоспособность не только бизнеса, но и целых регионов и стран. Кроме того, по словам старшего вице-президента Сбербанка по ESG Татьяны Липской, Россия до 2023 года может потерять до 3 трлн. руб. из-за изменения климата [9].

По нашему мнению, система управления устойчивым развитием должна строиться на основе экономических моделей, позволяющих формировать области конкурентной устойчивости и баланса интересов всех участников процесса ЦУР–трансформации. Проведенный анализ по построению факторных экономико-математических моделей конкурентоспособности территорий и предприятий на основе прикладного моделирования в больших данных показывает, что они позволяют учитывать такие значимые факторы, как, например, энергоэффективность, экологическая безопасность, энергоемкость, углеродоемкость, социальная ответственность и др. Естественно, управление невозможно и без системы оценок и индикаторов. К сожалению, единой, общепризнанной международной методики оценки устойчивого развития и ESG-ответственности корпораций не существует.

Проведенный анализ показал, что применяются следующие методики оценки устойчивого развития (уровня стран):

1. Индекс человеческого развития (ИЧР) – разработан ООН, включает экономические и социальные показатели; акцент делается на уровень доходов; охватывает небольшую часть целей устойчивого развития, дает представление об экономическом развитии страны, но не о ее устойчивости;
2. Индекс устойчивого развития человека (HSDI) – разработан ООН, включает экологический аспект устойчивого развития, поддерживает высокую корреляцию с ИЧР;
3. Индекс экологической результативности (EPI) – публикуется Йельским и Колумбийским университетами в сотрудничестве со Всемирным экономическим форумом и Объединенным исследовательским центром Европейской комиссии; классифицирует 132 страны в соответствии с 22 переменными; охватывает десять категорий политики, связанных с двумя широкими политическими целями: здоровье окружающей среды и жизнеспособность экосистем;
4. Индекс ЦУР (SDG Index) – разработан Центром трансформации ЦУР (The SDG Transformation Center); оценивает результаты деятельности 193 государств – членов ООН [10].

Также существуют оценки устойчивого развития на уровне компаний, к ним можно отнести следующие:

1. Международный рейтинг устойчивого развития компаний – Global 100 Most Sustainable Corporations in the World от агентства Corporate Knight;
2. Рейтинг ЮНПСД, который рассчитывается на основе экосоциальных и экономико–управленческих показателей [11].

ESG–рейтинги проводят: Bloomberg, Fitch, CDP, MSCI, Thomson Reuters, Moody's, RAEX–Europe и др. В России ESG–рейтинги проводят российские агентства: АКРА, НРА, «Эксперт РА», АК&М, РССП [12].

Основным недостатком предлагаемых методик является отсутствие единых общепризнанных экономических индикаторов устойчивого развития, что усложняет сопостави-

мость оценок уровня развития ESG-ответственности корпораций в рамках достижения приоритетных национальных ЦУР и ЦУР ООН, затрудняющих планирование и контроль результатов корпораций в области экологической, социальной и корпоративной ответственности, использование результатов оценки для государственного регулирования.

Громоздкая, сложная, не всегда прозрачная информационная база не позволяет выделить приоритетные целевые показатели для проведения оценки. ESG-рейтинги (корпоративные, страновые) также не учитывают географические, ресурсные, климатические особенности стран присутствия корпораций, неравномерность социально-экономического развития стран (развитые, развивающиеся), что в свою очередь не позволяет определить пропорциональные средства на национальные ЦУР и разработать комплекс первоочередных программ и проектов в области их достижения.

Вместе с тем очевидно, что достижение ЦУР невозможно без перехода к экономике замкнутого цикла и чистой энергии, которые необходимо развивать в стратегиях, параллельных с климатическими, экологическими и низкоуглеродными.

Заключение

Подводя итоги, необходимо отметить следующее.

1. Необходимо выработать и принять общую международную систему измерения в удельных показателях устойчивости развития экономических систем как по страновому принципу, так и для отраслей и корпораций в отрезках времени достижения углеродной нейтральности.
2. Необходимо обеспечить экономические возможности доступа отсталым и развивающимся странам к ключевым экотехнологиям для обеспечения жизнедеятельности в области зеленой энергетики и природопользования, включая вторичную переработку и утилизацию с использованием регулятивных механизмов ООН.
3. Трансграничное углеродное регулирование необходимо строить не по государственно-территориальному принципу, а на общих правилах единого углеродного рынка.
4. Анализ динамики движения зеленых облигаций показывает, что несмотря на ситуационное снижение капитализации фондовых рынков в 2021–2022 годах, в силу сложившихся в общественном сознании отношений инвесторов, произошло восстановление и прогнозируется устойчивый умеренный рост данных бумаг. Это является ключевым индикативным фактором на пути достижения ЦУР.
5. Необходимо решить вопрос достоверности экономической информации и экологических данных от компаний с ESG и ЦУР отчетностью.
6. Проведенный анализ показал, что успех в достижении целей устойчивого развития определяется не только неразвитостью экономики и технологий, но и общественным сознанием и отношением граждан и бизнеса к повестке устойчивого развития.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Sustainable Debt Global State of the Market 2023. Climate Bonds Initiative. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_sotm23_02h.pdf (дата обращения: 08.10.2024).
2. Российский рынок ESG-облигаций. Аналитическое Кредитное Рейтинговое Агентство (АКРА). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://acra-ratings.ru/upload/iblock/9aa/8v6oy8ekbq9wpmreeykfqlxdcqb93b96/20240131_CSDVG.pdf (дата обращения: 15.10.2024).

3. Рамзаев В.М., Журова Л.И. Современные аспекты управления устойчивым развитием компаний на основе ESG-инструментов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2023. – № 4 (55). – С. 19–29. EDN: DPHUGE.
4. Аналитический отчёт о тенденциях на мировом рынке устойчивого финансирования на 2023–2030 годы: разбивка по классам активов, предложениям, стилям инвестирования, типам инвесторов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://finance.yahoo.com/news/global-sustainable-finance-market-trends-132800660.html> (дата обращения: 05.10.2024).
5. Доклад ОПЕК «Перспективы развития мировой нефти на 2023 год». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://woo.opec.org/pdf-download-es/index.php> (дата обращения: 14.10.2024).
6. Рамзаев В.М., Манукян М.М., Чумак В.Г. Устойчивое развитие экономики в условиях глобальных трансформаций XXI века // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 10(159). – С. 245–249. EDN: LTJTNN.
7. Манукян М.М., Саркисова Э.Г. Современные инновационные технологии и устойчивое развитие в условиях цифровой экономики // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2024. – Т. 15. – № 2. – С. 170–182. EDN: AGBTJS.
8. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. М.: Росстат, 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2023.pdf (дата обращения: 08.10.2024).
9. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: Общее резюме. Росгидромет, 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://climate2008.igce.ru> (дата обращения: 08.10.2024).
10. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отрасли экологии и природопользования» от 08.12.2021 № 3496-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/727552191> (дата обращения: 08.09.2024).
11. Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года (ООН, Нью-Йорк, сентябрь 2015 г.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf (дата обращения: 11.10.2024).
12. EU sanctions on Russia's coal increase U.S. coal exports to Europe. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=60882> (дата обращения: 08.10.2024).

Current issues of economic sustainability in the context of global modern changes

M. M. Manukyan¹, V. M. Ramzaev²

¹ Samara national research University, 34, Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia.

² Samara University of Public Administration "International Institute of Market", 21, Aksakov st., Samara, 443030, Russia.

Abstract

The article is devoted to the consideration of topical issues of economic sustainability in the context of changes and ecoclimatic risks of our time. An assessment analysis of progress in achieving sustainable development goals in the parameters of country economic systems and the Paris Agreement on climate is carried out. The state of development of international financial, government systems, green financing investment funds and the development of investment management tools is considered. The dynamics of the development of environmentally responsible finance, assessment methods and indicators of sustainable development goals (SDGs) for states, industries and companies, as well as assessment methods of ESG ratings of foreign and Russian rating agencies are analyzed. Proposals for their improvement and development are formulated. It is shown that achieving the SDGs is impossible without building a single international economic management system.

Keywords: economic sustainability; resources; sustainable development; economic growth; investment funds; investment management; economic models; indicators of sustainable development.

Received: Thursday 26th September, 2024 / Revised: Saturday 26th October, 2024 /
Accepted: Wednesday 27th November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Manukyan M.M., Ramzaev V.M. Current issues of economic sustainability in the context of global modern changes, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 139–148. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-139-148> (In Russian).

Authors' Details:

Marine M. Manukyan  <http://orcid.org/0000-0001-7618-4633>

Ph.D. in Economics, Associate Professor; associate professor of the Department of Innovation Economics;
e-mail: marinaarm89@mail.ru

Vladimir M. Ramzaev  <http://orcid.org/0009-0005-7512-5021>

Doctor of Economics, Associate Professor; Vice–Rector – Vice–Rector for Science and Economic Development;
e-mail: ramzaevvm@mail.ru

Competing interests: No competing interests.

References

1. Sustainable Debt Global State of the Market 2023. Climate Bonds Initiative. [Electronic resource]. Access mode: https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_sotm23_02h.pdf (accessed: 08.10.2024).
2. Russian ESG bond market. Analytical Credit Rating Agency (ACRA). [Electronic resource]. Access mode: https://acra-ratings.ru/upload/iblock/9aa/8v6oy8ekbq9wpmreeykfqlxdcqb93b96/20240131_CSDVG.pdf (accessed: 15.10.2024) (In Russ.)
3. Ramzaev V.M., Zhurova L.I. Modern aspects of sustainable development management of companies based on ESG instruments // Vector of Science of Togliatti State University. Series: Economics and Management. – 2023. – No. 4 (55). – pp. 19–29. EDN: DPHUGE. (In Russ.)
4. Analytical report on trends in the global sustainable finance market for 2023–2030: breakdown by asset classes, offers, investment styles, investor types. [Electronic resource]. Access mode: <https://finance.yahoo.com/news/global-sustainable-finance-market-trends-132800660.html> (accessed: 05.10.2024) (In Russ.).
5. OPEC Report "World Oil Outlook 2023". [Electronic resource]. Access mode: <https://wopec.org/pdf-download-es/index.php> (accessed: 14.10.2024) (In Russ.)
6. Ramzaev V.M., Manukyan M.M., Chumak V.G. Sustainable development of the economy in the context of global transformations of the 21st century // Economy and entrepreneurship. – 2023. – No. 10 (159). – pp. 245–249. EDN: LTJTTN. (In Russ.)
7. Manukyan M.M., Sarkisova E.G. Modern innovative technologies and sustainable development in the context of the digital economy // Bulletin of Samara University. Economics and Management. – 2024. – Vol. 15. – No. 2. – pp. 170–182. EDN: AGBTJS. (In Russ.)
8. Key indicators of environmental protection. Statistical bulletin. Moscow: Rosstat, 2023. [Electronic resource]. Access mode: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2023.pdf (accessed: 08.10.2024) (In Russ.)
9. Assessment report on climate change and its consequences in the Russian Federation: General summary. Roshydromet, 2008. [Electronic resource]. Access mode: <http://climate2008.igce.ru> (accessed: 08.10.2024) (In Russ.)
10. Order of the Government of the Russian Federation "On approval of the strategic direction in the field of digital transformation of the ecology and nature management sector" dated 08.12.2021 No. 3496-r. [Electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/727552191> (accessed: 08.09.2024) (In Russ.)
11. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (United Nations, New York, September 2015). [Electronic resource]. Access mode: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf (accessed: 11.10.2024). (In Russ.)
12. EU sanctions on Russia's coal increase U.S. coal exports to Europe. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=60882> (accessed: 08.10.2024)

УДК 338.22.021.1

Методические подходы к оценке эффективности стратегических планов горно-металлургической компании

А. Е. Неволин

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»,
Россия, Мурманская обл., 184209, Апатиты, ул. Ферсмана, 24 а.

Аннотация

Статья посвящена изучению влияния вызовов в области экологической ответственности на стратегическое планирование горнодобывающих и металлургических компаний. Установлена необходимость разработки подходов, позволяющих оценить эффективность целевых показателей стратегических планов компаний горно-металлургического сектора и учесть специфику их деятельности и приоритеты будущего развития. Представлен обзор существующих методов оценки стратегий, выделены ключевые приоритетные направления долгосрочного развития горно-металлургических компаний. Предложена комплексная методология для отрасли, включающая принципы сбалансированной системы показателей и ключевые показатели эффективности в финансовой, операционной, экологической и технологической областях. Разработана система показателей для оценки эффективности стратегического плана предприятий, учитывающая критерии операционной эффективности, рыночные индикаторы, критерии инновационно-технологического и эколого-ориентированного развития.

Ключевые слова: стратегическое планирование; целевые показатели; горно-металлургические компании; система сбалансированных показателей; эффективность; ключевые показатели эффективности; долгосрочная устойчивость; инновации.

Получение: 28 сентября 2024 г. / Исправление: 28 октября 2024 г. /
Принятие: 27 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

📄 ©️🌐 Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Неволин А. Е. Методические подходы к оценке эффективности стратегических планов горно-металлургической компании // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 149–165. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-149-165>.

Сведения об авторе:

Александр Евгеньевич Неволин  <http://orcid.org/0009-0006-5752-5395>

кандидат экономических наук, младший научный сотрудник; e-mail: aprec99@mail.ru

Введение

В настоящее время подходы к стратегическому планированию деятельности компаний горно-металлургического сектора трансформируются под влиянием новых трендов и тенденций [1]. Реализуемые долгосрочные стратегии имеют большой охват направлений, включающих в себя не только производственные и финансово-экономические аспекты, но и инновационные, технологические, социальные и экологические приоритеты [2].

Роль горно-металлургических компаний меняется под влиянием изменения роли самих металлов для современной экономики. Сегодня большая часть металлов, в том числе никель, кобальт, медь, отнесена к группе критически значимых материалов [3]. Их также называют «energy transition minerals», что подчеркивает их вклад в тенденции глобального энергетического перехода [4].

Для эффективного позиционирования на современном рынке горно-металлургические компании пересматривают подходы к формированию стратегических планов по реализации долгосрочных стратегий развития, используют новые методы адаптации используемых бизнес-моделей к рыночным условиям, диверсифицируют активы и направления деятельности [5]. Целевыми приоритетами становятся технологический суверенитет, инновационное развитие, вклад в климатическую повестку, снижение негативного воздействия на окружающую среду путем интеграции систем замкнутого цикла [6] и внедрения НДТ (наилучших доступных технологий) [7], обеспечение высокого уровня социальной и корпоративной ответственности, а также развития инновационно-территориальных кластеров [8].

Изменение подходов к разработке долгосрочных стратегий ведет к необходимости пересмотра методов оценки их осуществления. При этом, несмотря на высокую степень проработанности данной тематики в современной управленческой науке и наличие методик оценки эффективности стратегических планов, на сегодняшний день отсутствуют подходы, позволяющие учесть специфику деятельности компаний горно-металлургического сектора, что актуализирует тематику настоящего исследования.

Цель работы состоит в разработке системы показателей оценки эффективности стратегического планирования и стратегий с учетом специфики горно-металлургической отрасли, а также в контексте задач по обеспечению экологического баланса и инновационного и технологического развития. Для ее достижения в исследовании последовательно решается ряд задач: (1) обзор существующих методических подходов к оценке эффективности стратегий, (2) определение приоритетных направлений их долгосрочного развития, (3) предложение авторского методического подхода к оценке целевых показателей стратегических планов с учетом специфики предприятий рассматриваемого сектора.

1. Методология исследования

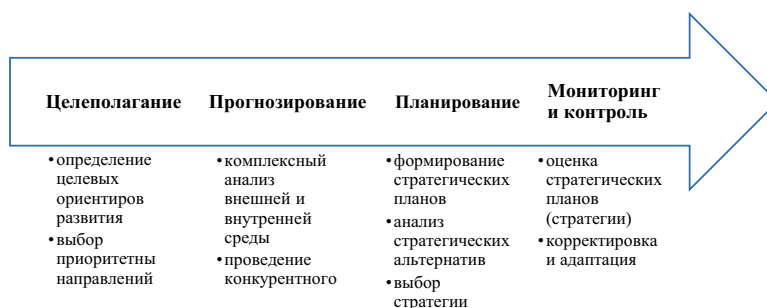
В рамках исследования задействованы общенаучные методы анализа, синтеза, аналогии и декомпозиции. Работа опирается на материалы открытых академических и аналитических источников, включая актуальные отчеты и стратегии российских горно-металлургических компаний.

В основе методологии исследования лежит теория стратегического управления развития компаний в сфере промышленности, в рамках которой выделяют четыре основных этапа – целеполагание, прогнозирование, планирование, мониторинг и контроль (рис. 1).

Как показано на рис. 1, система стратегического планирования включает в себя этап оценки эффективности стратегических планов (стратегий, разрабатываемых и осуществляемых компаниями). Для такой оценки используются системы сбалансированных показате-

Рис. 1: Основные этапы стратегического планирования.

Fig. 1: The main stages of strategic planning.



телей. В данном исследовании изучались такие методы как модель «Бортовое табло», Сбалансированная система показателей Мейсела, пирамида эффективности, Цели и ключевые результаты (OKRs), сбалансированная система показателей Нортон-Каплана. Обозначенные подходы во многом представляют собой универсальные аналитические инструменты и могут быть адаптированы к специфике компаний в отдельных сферах промышленности, в том числе и горно-металлургической отрасли.

2. Анализ методических подходов к оценке эффективности стратегических планов

В середине XX века в качестве основного критерия эффективности стратегических планов и стратегий компании рассматривалось увеличение стоимости бизнеса. Затем в качестве основы для оценки стали использоваться различные методы анализа финансовых коэффициентов, а также показатели прибыльности и рентабельности. В качестве одного из критериев эффективности (результативности) выступал коэффициент Тобина [9].

Однако, финансовые коэффициенты носили фрагментарный характер и отражали производственно-экономические особенности сложных и специфических промышленных систем. Это не позволяло всесторонне оценить перспективы развития компании в долгосрочной перспективе.

По мере совершенствования инструментов и показателей оценки стали появляться и использоваться целые системы, включающие в себя совокупность комплексных показателей. В качестве примеров таких систем можно привести рентабельность инвестиций (капитальных вложений) – ROI, рентабельность активов – ROA, модель Дюпона и др. [10].

Данные системы стали основой для формирования и распространения принципиально новой модели, ориентированной на стоимость (ценность) – EVA (Economic Value Added). В ее состав вошли ключевые показатели оценки эффективности деятельности компании (финансовые, экономические и т.д.) [11]. На рубеже XXI века набор оценочных критериев эффективности стратегического планирования промышленной компании дополнился также стоимостью реальных опционов [12].

В настоящее время все большую актуальность приобретают подходы к оценке эффективности стратегий промышленных компаний на основе системы KPI – Key Performance Indicators [13].

В основе данных систем лежит ограниченный набор финансовых и нефинансовых показателей, которые характеризуют наиболее существенно важные направления хозяйственной деятельности компании и одновременно отражают степень достижения поставленных стратегических целей и задач [14].

В конце XX века в экономической науке появилось несколько таких систем, включая модель «Бортовое табло», сбалансированную систему показателей Мейсела, пирамиду эф-

фективности и др. [15, 16].

В основе модели «Бортовое табло» лежит система показателей, отражающих эффективность функционирования компании. Цели устанавливаются отдельно для каждого структурного подразделения.

Также устанавливаются критические факторы успеха, выступающие индикаторами достижения конечных результатов. Преимуществами данной модели выступают декомпозиций целевых ориентиров и возможность формирования общего представления о результативности деятельности компании на основе оперативных данных по каждому подразделению. При этом обозначенная модель не способствует повышению гибкости управления компанией, что считают одним из ее недостатков.

Сбалансированная система показателей Мейсела позволяет осуществлять многостороннюю оценку бизнеса на основе анализа сразу нескольких направлений деятельности компании.

В рамках данной системы показатели результативности стратегического плана разбиты на четыре блока: (финансовое обеспечение; взаимоотношение с клиентами; внутренняя деятельность – акцент делается на управление производительностью и затратами; человеческие ресурсы).

Отличительной чертой такого подхода является фокус на персонал (оценку эффективности сотрудников), а не исключительно на бизнес-процессы. При этом в качестве недостатков сбалансированной системы показателей можно выделить ограниченные возможности использования при оценке деятельности крупных промышленных компаний и отсутствие стандартизации системы оценочных индикаторов.

Пирамида эффективности (МакНейр К., Ланч Р., Кросс К.) предназначена для оценки результатов деятельности компаний. Она представлена девятью блоками – финансы, рынок, клиенты, инновации и обучение, качество, производительность, время поставки, производство, потери.

Данная модель позволяет взаимоувязывать стратегические цели с операционными показателями компании на всех уровнях управления, учитывать финансовые и нефинансовые параметры, а также выстраивать прозрачную систему коммуникации в рамках оценки конечных результатов. Однако методика оценки нефинансовых показателей в рамках пирамиды эффективности остается непроработанной, что обуславливает сложности интеграции обозначенной модели.

Одной из общеизвестных систем, позволяющих устанавливать измеримые цели и отслеживать их достижение, является OKRs – «Цели и ключевые результаты». Она состоит из двух главных компонентов: целей и результатов (взаимосвязанных и дополняющих друг друга).

Несомненными преимуществами указанной модели являются выстроенная система целевых приоритетов и результатов, а также измеримость реализуемых стратегий и возможность получения достоверной оценки деятельности организации на каждом этапе. При этом приведенная система ориентируется в большей степени на достижение краткосрочных результатов, что ограничивает ее применение при долгосрочном планировании [15].

Сбалансированная система показателей Нортон – Каплана представляет собой инструмент управления, позволяющий осуществлять мониторинг достижения стратегических целей компании. В ее основе лежит причинно–следственная связь между целями и факторами достижения результатов.

В рамках системы рассматриваются четыре блока составляющих: (финансы, клиенты, внутренние бизнес–процессы, развитие персонала).

Преимуществами обозначенной системы считаются ориентация на оценку и мониторинг реализации стратегических планов компании, простота и универсальность используемых метрик, возможность охвата ключевых направлений деятельности компании и объективной оценки достигаемых результатов.

При этом ограниченные возможности установления статистически достоверных зависимостей между стратегическими целями компании, а также сложность интеграции системы с позиции координации ключевых функций сужают области ее использования [16].

На основании проведенного анализа целесообразно сделать вывод о том, что во всех системах присутствует ограниченное количество целевых показателей, между которыми существует определенная причинно-следственная связь. Различия наблюдаются в выбранных функциональных направлениях производственно-хозяйственной деятельности.

В широко используемой в теории и практике стратегического управления – модели ССП (Нортон-Каплана) представлены четыре блока – финансы, клиенты, внутренние бизнес-процессы, персонал.

«Пирамида эффективности» – это девять взаимосвязанных блоков (элементов): рынок (условия, конъюнктура), производительность, потери от брака, качество, удовлетворение клиентов, время поставки, производственный цикл, инновации (обучение), финансы [16].

«Бортовое табло» может иметь неопределенное количество блоков, но основное внимание уделяется финансам и производственной деятельности предприятия.

Таким образом, на настоящее время существует множество различных подходов к оценке. При этом основные отличия касаются группировки ключевой информации хозяйственной деятельности, а не содержательной стороны. Следует подчеркнуть, что единого сформированного подхода к оценке эффективности достижения целей стратегического планирования промышленного предприятия не существует. Для эффективного применения рассмотренных выше моделей важно адаптировать их под условия рассматриваемого сектора, а именно горно-металлургической отрасли, обладающей собственными особенностями функционирования и долгосрочного развития.

3. Российские горно-металлургические компании: приоритеты долгосрочного развития

Для обоснования системы сбалансированных показателей нужно обращаться к стратегическим целям компании, которые в существенной мере изменились за последнее десятилетие. Сегодня они направлены на обеспечение баланса между инновационно-ориентированным развитием и использованием существующего потенциала по наращиванию объемов производства.

Важен контроль над длинными производственно-технологическими цепочками, которые позволяют получать продукцию высокого уровня предела. При разработке многокомпонентных руд большое внимание уделяется необходимости повышению степени извлечения попутных элементов, находя приемлемые технологические решения для обеспечения экономической рентабельности их производства [16–18].

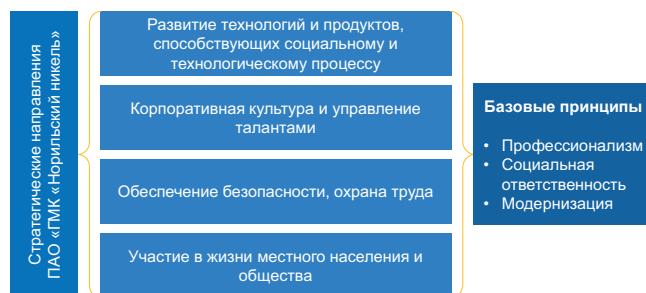
Нельзя забывать о корпоративной ответственности горного бизнеса и реализации комплекса мероприятия по экологической модернизации производства. Ответственное инвестирование и высокий экологический имидж смогут повысить статус компании, а возможно и ее капитализацию в среднесрочном будущем [19–21].

При этом вовремя проведенные мероприятия по снижению рисков возможных ущербов окружающей среде позволят предотвратить возможные экономические потери в будущем [22].

Рассматривая системы стратегического планирования российских горно-металлургических компаний важно заключить, что приоритеты долгосрочного развития предприятий не ограничиваются экономическими и производственными факторами. Так, главные приоритеты ПАО «ГМК «Норильский никель»» ориентированы на развитие инновационной составляющей, обеспечение высокого уровня корпоративной культуры и социальной ответственности (рис. 2).

Рис. 2: Стратегические приоритеты ПАО «ГМК «Норильский никель». Источник: [23].

Fig. 2: Strategic priorities of PJSC MMC Norilsk Nickel. Source: [23].



Также следует отметить выраженную экологическую направленность деятельности компаний горно-металлургического сектора. Так, ПАО «ГМК «Норильский никель»» декларирует свою ключевую цель, состоящую в обеспечении долгосрочной экологической устойчивости. Предприятия интегрируют в деятельность принципы устойчивого развития, формируют отчетность на основе общепринятых ESG-критериев, стремятся внести вклад в климатическую повестку.

В современных условиях горно-металлургические компании выбирают направления развития на основе учета современных трендов, в рамках которых металлы становятся базисом для формирования принципиально новой экономики, основанной на «зеленых» принципах. На основе проведенного анализа отчетов российских компаний, осуществляющих деятельность в сфере горного дела и металлургии, выделены следующие перспективные направления долгосрочного развития:

- позиционирование на новых перспективных рынках, формируемых под воздействием трендов глобального энергетического перехода (критические материалы), поиск новых точек роста;
- непрерывное обеспечение эколого-ориентированного функционирования производств (модернизация производственных мощностей, снижение выбросов загрязняющих веществ и пр.);
- обеспечение экономической устойчивости в долгосрочной перспективе, наращивание доли рынка в приоритетных сегментах и поиск возможностей несвязанной диверсификации;
- достижение технологического лидерства, развитие и внедрение инноваций в производственный цикл, удлинение технологической цепочки с целью производства продукции высокой добавленной стоимости;
- обеспечение лидерства по издержкам, оптимизация производственных процессов;
- формирование новых устойчивых конкурентных преимуществ.

Для эффективной оценки обозначенных стратегических направлений важно адаптировать существующие методические подходы к оценке стратегических планов в части учета специфики и технологической направленности деятельности компаний горно-металлургического сектора.

4. Разработка системы оценки эффективности стратегических планов для горно-металлургических компаний

Эффективность стратегических планов горно-металлургических компаний может и должна базироваться на интегрированной системе, взаимосвязанных ключевых показателей эффективности (КРП).

Ключевые показатели в рамках рассматриваемых альтернатив развития промышленной компании, будут формироваться в ареале шести целевых пространств

$$E = f(F, O, EO, IT, D, M).$$

Здесь F – финансовые показатели, O – операционная деятельность, EO – сфера обеспечения эколого-ориентированного и ресурсоэффективного развития, IT – инновационное и технологическое развитие, D – диверсификации деятельности, M – рыночная стабильность.

Можно выделить следующие критерии отбора показателей из большого их множества, которые помогут более эффективно осуществить их выбор:

- А. Наличие связи с стратегическим планом долгосрочного устойчивого развития горно-металлургической компании. Данный критерий является наиболее важным в силу того, что основная цель заключается именно в оценке эффективности выбранного и предлагаемого к реализации варианта стратегического плана. Данный критерий также позволит отследить достижение стратегических целей компании в рамках развития конкретных задач по функциональным направлениям. Однако установление прямых связей представляет собой достаточно сложную задачу. В большинстве случаев для таких целей могут использоваться операционные показатели производственно-хозяйственной деятельности компании, которые необходимы для отслеживания текущего функционирования, но они, как правило, не носят стратегического характера. Многие горно-металлургические компании показывают важность природоохранных целей, особенно, если корпоративные стратегии формируются в контексте обеспечения устойчивости компании в долгосрочном периоде. Поэтому важно констатировать обязательное наличие эколого-климатических целей стратегического развития.
- В. Возможность измерения показателей (измеримость). Ключевым показателям оценки эффективности стратегического плана должна быть предписана необходимость количественного измерения, поскольку качественные характеристики представляются субъективными, их часто связывают с экспертными оценками. При этом сложные промышленные системы горно-металлургических компаний требуют точно выраженной оценки [24].
- С. Простота получения данных, проведения расчетов и контроля. При разработке системы сбалансированных показателей эффективности стратегического плана горно-металлургической компании целесообразно использовать простые индикаторы. При применении системы гипотетически не должно возникать трудностей при сборе информации и проведении расчетов, при этом важно понимать, что зачастую, например, климатические и экологические аспекты, а также социальные характеристики, не всегда имеют четкое измерение [25, 26]. Важно осуществлять прозрачный контроль выполнения каждого показателя. Также, должна быть понятна возможная динамика роста (снижения) индикатора и степень влияния сопряженных показателей на каждый рассматриваемый.

В таблицах 1–6 на основе проведенных аналитических, теоретических и методологиче-

ских исследований, а также с учетом особенностей конкурентных преимуществ, лежащих в основе стратегических приоритетов и направлений развития горно-металлургической компаний (ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «Уральская горно-металлургическая компания», АО «Русская медная компания»), отраслевых и рыночных особенностей функционирования горно-металлургического бизнеса предложена система ключевых показателей эффективности (КПИ). В них заголовки **UM** означают единицы измерения (units of measurement), а заголовки **ID** означают направления показателей (indicator direction).

Таблица 1: Ключевые финансово-экономические показатели.
Table 1: Key financial and economic indicators.

Показатель	Рекомендации к расчету	UM	ID
Темп роста выручки, T_S	$T_S = \frac{S_O}{S_P} \cdot 100,$ <p>S_O – выручка в отчетном году, млрд руб, S_P – выручка в предшествующем (базовом) году, млрд руб.</p>	%	↑
Темп роста ЕБИТДА, T_E	$T_E = \frac{EBITDA_O}{EBITDA_P} \cdot 100,$ <p>$EBITDA_O$ – ЕБИТДА в отчетном году, млрд руб, $EBITDA_P$ – ЕБИТДА в предшествующем (базовом) году, млрд руб.</p>	%	↑
Рентабельность по ЕБИТДА, R	$R = \frac{EBITDA_P}{S_P} \cdot 100,$ <p>$EBITDA_P$ – ЕБИТДА в предшествующем (базовом) году, млрд руб., S_P – выручка в предшествующем (базовом) году, млрд руб.</p>	%	↑
Рентабельность продукции по сравнению с конкурентами, R_{AVG}	$R_{AVG} = \frac{R_{EQ}}{R_{MARKET}} \cdot 100,$ <p>R_{EQ} – рентабельность продукции предприятия, R_{MARKET} – рентабельность продукции предприятий-конкурентов.</p>	%	↑

Таблица 2: Ключевые показатели операционной деятельности.
Table 2: Key financial and economic indicators.

Показатель	Рекомендации к расчету	UM	ID
Себестоимость реализованной продукции (1 т никеля, меди, кобальта), C_{PER}	$C_{PER} = \frac{C_{TOT}}{V} \cdot 100,$ C_{TOT} – полная себестоимость реализованной продукции, тыс. руб., V – объем производства металла, тыс. т.	$\frac{руб}{Т}$	↓
Удельный вес затрат на транспортировку в себестоимости реализованной продукции, \overline{EX}_{TR}	$\overline{EX}_{TR} = \frac{EX_{TR}}{C_{TOT}} \cdot 100,$ EX_{TR} – затраты на транспортировку, тыс. руб., C_{TOT} – полная себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.	%	↓
Темп роста производительности, GR_P	$GR_P = \frac{P_O}{P_P} \cdot 100,$ P_O – производительность в отчетном году, руб./чел., P_P – уровень производительности в предшествующем (базовом) году, руб./чел.	%	↑
Показатель рентабельности производства, R_{PR}	$R_{PR} = \frac{NP}{FA + WC} \cdot 100,$ NP – чистая прибыль компании, млн руб./чел., FA – стоимость основных средств (с учетом износа и амортизации), млн руб., WC – стоимость нормируемых оборотных средств, млн руб.	%	↑

Таблица 3: Ключевые показатели эколого-ориентированного развития.
Table 3: Key indicators of environmentally-oriented development.

Показатель	Рекомендации к расчету	UM	ID
Интенсивность выбросов CO_2 , R_{CO_2}	$R_{CO_2} = \frac{V_{CO_2}^O}{V_{CO_2}^P} \cdot 100,$ $V_{CO_2}^O$ – исходное значение выбросов CO_2 до применения мероприятий по энергоэффективности, т.2 – экв., $V_{CO_2}^P$ – выручка в предшествующем (базовом) году, млрд руб.	%	↓
Объем выбросов сточных вод	Сопоставление объема выбросов сточных вод за отчетный период по отношению к данному показателю предшествующего периода.	млн. куб.м.	↓
Ресурсоемкость	Соотношение затрат на ресурсы, используемых для производства готовой продукции к объему производственной продукции.	$10^3 \cdot \frac{руб}{Т}$	↓
Показатель общей энергетической эффективности, E_{EF}	$E_{EF} = \frac{Q_{PR}}{E_{CM}},$ Q_{PR} – величина объемов производства (или стоимость готовой продукции), т., E_{CM} – объем энергоресурса, потребленный предприятием за рассматриваемый период, т.	$\frac{1}{руб}$	↑

Таблица 4: Ключевые финансово-экономические показатели.
Table 4: Key financial and economic indicators.

Показатель	Рекомендации к расчету	UM	ID
Затраты на технологические инновации в общей структуре инвестиций.	Сопоставление доли затрат на технологические инновации в расчетном периоде с аналогичным показателем за предшествующий период.	%	↑
Коэффициент нематериальных активов.	Соотношение показателя выручки к среднегодовой стоимости нематериальных активов компании.	–	↑
Индекс цифровизации производства.	$D_{PR} = D_{MAIN} + D_{SUP} + D_{TECH},$ <p>D_{MAIN} – степень автоматизации основных бизнес-процессов, D_{SUP} – степень автоматизации вспомогательных бизнес-процессов, D_{TECH} – степень автоматизации технологических решений.</p>	–	↑
Темп роста фондоотдачи.	Соотношение показателя фондоотдачи в отчетном периоде и показателя фондоотдачи в предшествующем периоде.	–	↑

Таблица 5: Ключевые финансово-экономические показатели.
Table 5: Key financial and economic indicators.

Показатель	Рекомендации к расчету	UM	ID
Доля в экспорте российских производителей цветных металлов, S_{EXP}	$S_{EXP} = \frac{V_{EQ}^{EXP}}{V_{MARKET}^{EXP}} \cdot 100,$ <p>V_{EQ}^{EXP} – объем экспортируемых металлов компанией, тыс.т., V_{MARKET}^{EXP} – совокупный объем экспорта металлов российскими горно-металлургическими компаниями, тыс.т.</p>	%	↑
Доля компании на внутреннем рынке, S_{IN}	$S_{IN} = \frac{V_{EQ}^{IN}}{V_{MARKET}^{IN}} \cdot 100,$ <p>V_{EQ}^{IN} – объем продукции, реализуемой компанией на внутреннем рынке, тыс.т., V_{MARKET}^{IN} – объем внутреннего российского рынка металлов, тыс.т.</p>	%	↑
Доля поставок компании на внешний рынок, S_{EQ}^{EXP}	$S_{EQ}^{EXP} = \frac{V_{EQ}^{EXP}}{V_{EQ}^{EXP} + V_{EQ}^{IN}} \cdot 100,$ <p>$EBITDA_P$ – EBITDA в предшествующем (базовом) году, млрд руб. S_P – выручка в предшествующем (базовом) году, млрд руб.</p>	%	↑
Цена единицы продукции по сравнению с конкурентами на внутреннем рынке, I_{EQ}^{IN}	$I_{EQ}^{IN} = \frac{PRC_{EQ}^{IN}}{PRC_{MARKET}^{IN}},$ <p>PRC_{EQ}^{IN} – цена металлов на внутреннем рынке, руб.т., PRC_{MARKET}^{IN} – цена металлов предприятия-конкурента на внутреннем рынке, руб.т.</p>	₽ Т	↓

Таблица 6: Ключевые финансово-экономические показатели.
Table 6: Key financial and economic indicators.

Показатель	Рекомендации к расчету	UM	ID
Коэффициент комплексного использования минерального сырья.	Сопоставление суммарной стоимости извлеченных компонентов и суммарной стоимости всех компонентов в сырье.	%	↑
Оценка добавленной стоимости готовой продукции.	Данный показатель должен рассчитываться в зависимости от специфики производимой продукции. Может быть выполнена оценка дополнительной стоимости готовой продукции по мере удлинения технологической цепочки (освоение новых металлургических переделов).	млн.руб.	↑
Доля высокотехнологичной продукции.	Сопоставление объема выпущенной высокотехнологичной продукции с общим объемом выпуска всех видов готовой продукции.	%	↑
Объем «критических» материалов.	Стоимость «критических» материалов, выпускаемых для новых сегментов («зеленые» рынки).	млн.руб.	↑

Приведенную выше систему показателей условно можно разделить на три ключевые группы:

1. Показатели, отражающие стабильность функционирования компании и наличие базовых конкурентных преимуществ;
2. Показатели, формирующие представление об устойчивых конкурентных преимуществах компании;
3. Показатели, указывающие на степень устойчивости компании на рынке в долгосрочной перспективе.

Взаимосвязь предложенных показателей и алгоритм их оценки представлены на рис. 3.



Рис. 3: Взаимосвязь показателей в рамках оценки стратегических планов горно-металлургических компаний.

Fig. 3: The relationship of indicators in the assessment of strategic plans of mining and metallurgical companies.

Таким образом, данная система показателей, состоящая из трех основных групп, может служить базисом для оценки эффективности стратегических планов горно-металлургической компании. Особое внимание уделено таким блокам, как диверсификация, инновационное и технологическое развитие, экологические аспекты, такие как устойчивые конкурентные позиции необходимо сочетать как производственном ракурсе, так и в условиях обеспечения устойчивости бизнеса.

Целевые значения приведенных показателей должны устанавливаться компаниями в зависимости от следующих параметров:

- текущий уровень значений показателей;
- планируемые темпы развития компании в долгосрочной перспективе;
- временные рамки реализуемых стратегий (например, ПАО «ГМК «Норильский никель» реализует стратегию до 2030 года);
- текущее положение компании на рынке (внутреннем и мировом);
- имеющийся ресурсный потенциал, наличие научно-технологической базы, возможности модернизации имеющихся производств.

Важно обозначить, что для использования предложенной системы показателей необходимы определенная система мониторинга, а также перманентный стратегический анализ, отражающий текущие и прогнозируемые потребности рынка и возможности диверсификации.

Заключение

1. Исследовано влияние вызовов в области экологической ответственности на стратегическое планирование горнодобывающих и металлургических компаний.
2. Установлена необходимость разработки подходов, позволяющих оценить эффективность целевых показателей стратегических планов компаний горно-металлургического сектора и учесть специфику их деятельности и приоритеты будущего развития.
3. Представлен обзор существующих методов оценки стратегий, выделены ключевые приоритетные направления долгосрочного развития горно-металлургических компаний.
4. Предложена комплексная методология для отрасли, включающая принципы сбалансированной системы показателей и ключевые показатели эффективности в финансовой, операционной, экологической и технологической областях.
5. Разработана система показателей для оценки эффективности стратегического плана предприятий, учитывающая критерии операционной эффективности, рыночные индикаторы, критерии инновационно-технологического и эколого-ориентированного развития.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Cherepovitsyn A., Solovyova V., Dmitrieva D. New challenges for the sustainable development of the rare-earth metals sector in Russia: Transforming industrial policies // *Resources Policy*. – 2023. – Vol. 81. – pp. 103347. EDN: SLMDBC.
2. Ларионов В.Г., Фалько С.Г., Демидов А.В. Исследование факторов и условий, оказывающих влияние на функционирование системы экологического менеджмента в российских компаниях // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. Серия: Экономика. – 2019. – № 3. – С. 21–29. EDN: SJAOTD.
3. Череповицын А.Е., Дорожкина И.П., Соловьева В.М. Прогнозы потребления редкоземельных металлов в России: базовые и формирующиеся отрасли промышленности // *Проблемы прогнозирования*. – 2024. – № 5 (206). – С. 115–127. EDN: DXIYMI.
4. Owen J.R., Kemp D., Lechner A.M., Harris J., Zhang R., Lèbre É. Energy transition minerals and their intersection with land-connected peoples // *Nature Sustainability*. – 2023. – Vol. 6. – no. 2. – pp. 203–211. EDN: FLYIJO. DOI: 10.1038/s41893-022-00994-6

5. Dmitrieva D., Solovyova V. Russian arctic mineral resources sustainable development in the context of energy transition, ESG agenda and geopolitical tensions // *Energies*. – 2023. – Vol. 16. – no. 13. – pp. 5145. EDN: ICQPJO.
6. Ишин Л.А., Череповицын А.Е., Лебедев А.П. Преимущества и недостатки экономики замкнутого цикла: путь к экологически чистому производству // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*. – 2024. – Т. 15. – № 3. – С. 135–153. EDN: KBRAVD.
7. Закондырин А.Е. Наилучшие доступные технологии в горнодобывающем секторе: актуальные проблемы и пути их решения // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. – 2020. – № 6-1. – С. 55–64. EDN: VFWGSN.
8. Веселовский М.Я., Погодина Т.В., Чуева И.И. Развитие инновационно-территориальных кластеров как формы организации региональной экономики // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*. – 2021. – Т. 12. – № 4. – С. 15–26. EDN: CWXLBX.
9. Загороднова Л.В., Новиков Н.И. Коэффициент Q–Тобина – показатель инвестиционного потенциала предприятий черной металлургии // *Вестник Кемеровского государственного университета*. – 2014. – № 2–2 (58). – С. 236–240. EDN: SMMXOF.
10. Bunea O.-I., Corbos R.-A., Popescu R.-I. Influence of some financial indicators on return on equity ratio in the Romanian energy sector – A competitive approach using a DuPont-based analysis // *Energy*. – 2019. – Vol. 171. – pp. 116251. EDN: FGSRXG.
11. Zeghal D., Maaloul A. Analysing value added as an indicator of intellectual capital and its consequences on company performance // *Journal of Intellectual Capital*. – 2010. – Vol. 11. – no. 1. – pp. 39–60.
12. Яценко В.А., Самсонов Н.Ю., Крюков Я.В. Опционный подход к экономической оценке проектов разработки редкоземельных месторождений // *Мир экономики и управления*. – 2018. – Т. 18. – № 4. – С. 69–84. EDN: SPMRYV.
13. Давыденко А.С. Система ключевых показателей эффективности, как эффективный инструмент корпоративного контроля деятельности дочерних и зависимых обществ и оценки эффективности реализации стратегии // *Транспортное дело России*. – 2008. – № 6. – С. 83–86. EDN: JYAIFX.
14. Городничев А.Ю. Сравнительный анализ современных моделей анализа и оценки результатов деятельности предприятий, основанных на КПД // *Аудит и финансовый анализ*. – 2006. – № 4. – С. 072–079. EDN: KWCDYX.
15. Келарев В.В. Управление развитием организации на основе принципов OKR (Objective Key Results) // *Государственное и муниципальное управление. Ученые записки*. – 2023. – № 3. – С. 17–22. EDN: AYEBVM.
16. Стариков А.Е. Сравнительный анализ современных моделей системы сбалансированных показателей и критика ее применимости // *Вестник Уральского института экономики, управления и права*. – 2012. – № 2 (19). – С. 62–71. EDN: TTYOXF.
17. Боташева Л.Х., Желтенков А.В., Бурова Е.А. Особенности управления рисками в организациях металлургической отрасли // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика*. – 2018. – № 3. – С. 45–54. EDN: YAANXN.
18. Костюхин Ю.Ю. Стратегическое управление российской металлургией в условиях вызовов и рисков // *Управленческие науки*. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 21–32. EDN: WTFMKN.
19. Самарина В.П., Склярова Е.А., Жилинкова А.П. Перспективы развития российской металлургии в условиях новых экономических вызовов геополитического генезиса // *Фундаментальные исследования*. – 2023. – № 3. – С. 17–22. EDN: XBTNWH.
20. Когденко В.Г., Казакова Н.А. Обоснование параметров экологической безопасности и устойчивости развития металлургического производства // *Проблемы прогнозирования*. – 2023. – № 1 (196). – С. 169–181. EDN: DKALKN.

21. Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Голиков Р.А., Мукашева М.А. Оценка влияния на здоровье населения выбросов прокатного производства металлургического комбината // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – Т. 60. – № 6. – С. 359–363. EDN: ROWZUN.
22. Неволин А.Е., Череповицын А.Е. Стратегический анализ горно-металлургических компаний: учет социально-экологических факторов // Экономика промышленности. – 2024. – Т. 17. – № 1. – С. 7–19. EDN: RBDGGT.
23. Стратегия ПАО «ГМК «Норильский никель». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nornickel.ru/company/strategy/> (дата обращения: 28.11.2024).
24. Кононова С.А. Формирование системы сбалансированных показателей как фактор стратегического развития предприятия // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2014. – № 4–3 (60). – С. 262–266. EDN: TELNYD.
25. Овчинников К.Н. Карбоновый след металлургической промышленности и обзор перспективных решений по ее декарбонизации в Китае, США и Германии // Недропользование XXI век. – 2022. – № 5 (97). – С. 97–107. EDN: VOFZZH.
26. Андрианов В.В., Сироткин М.С., Баженова М.В. Российские компании в зеркале международных и отечественных ESG-рейтингов // Гуманитарные науки. Вестник Финансового университета. – 2023. – Т. 13. – № 2. – С. 94–105. EDN: YWJINR.

Methodological approaches to assessing the effectiveness of strategic plans of a mining and metallurgical company

A. E. Nevolin

Luzin Institute for Economic Studies of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Federal Research Center “Kola Science Center”,
24 a Fersman str., Apatity, Murmansk Region, 184209, Russia.

Abstract

The article is devoted to the study of the impact of environmental responsibility challenges on strategic planning of mining and metallurgical companies. The need to develop approaches to assess the effectiveness of target indicators of strategic plans of companies in the mining and metallurgical sector and take into account the specifics of their activities and priorities for future development is established. An overview of existing methods for assessing strategies is presented, key priority areas for the long-term development of mining and metallurgical companies are identified. A comprehensive methodology for the industry is proposed, including the principles of a balanced scorecard and key performance indicators in financial, operational, environmental and technological areas. A system of indicators for assessing the effectiveness of the strategic plan of enterprises has been developed, taking into account the criteria of operational efficiency, market indicators, criteria of innovative-technological and environmentally oriented development.

Keywords: strategic planning; target indicators; mining and metallurgical companies; balanced scorecard; efficiency; key performance indicators; long-term sustainability; innovation.


Received: Saturday 28th September, 2024 / Revised: Monday 28th October, 2024 /
Accepted: Wednesday 27th November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

 The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:

Nevolin A. E. Methodological approaches to assessing the effectiveness of strategic plans of a mining and metallurgical company, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 149–165. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-149-165> (In Russian).

Author's Details:

Alexander E. Nevolin  <http://orcid.org/0009-0006-5752-5395>

Phd in Economics, Junior Researcher; e-mail: aprec99@mail.ru

References

1. Cherepovitsyn A., Solovyova V., Dmitrieva D. New challenges for the sustainable development of the rare-earth metals sector in Russia: Transforming industrial policies // *Resources Policy*. – 2023. – Vol. 81. – pp. 103347. EDN: SLMDBC.
2. Larionov V.G., Falko S.G., Demidov A.V. Study of factors and conditions influencing the functioning of the environmental management system in Russian companies // *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Economics*. – 2019. – No. 3. – pp. 21–29. EDN: SJAOTD. (In Russ.)
3. Cherepovitsyn A.E., Dorozhkina I.P., Solovieva V.M. Forecasts of consumption of rare earth metals in Russia: basic and emerging industries // *Problems of Forecasting*. – 2024. – No. 5 (206). – pp. 115–127. EDN: DXIYMI. (In Russ.)
4. Owen J.R., Kemp D., Lechner A.M., Harris J., Zhang R., Lèbre É. Energy transition minerals and their intersection with land-connected people // *Nature Sustainability*. – 2023. – Vol. 6. – No. 2. – pp. 203–211. EDN: FLYIJO. DOI: 10.1038/s41893-022-00994-6
5. Dmitrieva D., Solovyova V. Russian arctic mineral resources sustainable development in the context of energy transition, ESG agenda and geopolitical tensions // *Energies*. – 2023. – Vol. 16. – No. 13. – pp. 5145. EDN: ICQPJO.
6. Ishin L.A., Cherepovitsyn A.E., Lebedev A.P. Advantages and disadvantages of a closed-loop economy: the path to environmentally friendly production // *Bulletin of Samara University. Economics and Management*. – 2024. – Vol. 15. – No. 3. – pp. 135–153. EDN: KBRAVD. (In Russ.)
7. Zakondyrin A.E. Best Available Technologies in the Mining Sector: Current Problems and Solutions // *Mining Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. – 2020. – No. 6–1. – pp. 55–64. EDN: VFWGSN. (In Russ.)
8. Veselovsky M.Ya., Pogodina T.V., Chueva I.I. Development of innovation-territorial clusters as a form of organization of the regional economy // *Bulletin of Samara University. Economics and Management*. – 2021. – Vol. 12. – No. 4. – pp. 15–26. EDN: CWXLBX. (In Russ.)
9. Zagorodnova L.V., Novikov N.I. Tobin's Q-coefficient is an indicator of investment potential of ferrous metallurgy enterprises // *Bulletin of Kemerovo State University*. – 2014. – No. 2–2 (58). – pp. 236–240. EDN: SMMXOF. (In Russ.)
10. Bunea O.–I., Corbos R.–A., Popescu R.–I. Influence of some financial indicators on return on equity ratio in the Romanian energy sector – A competitive approach using a DuPont-based analysis // *Energy*. – 2019. – Vol. 171. – pp. 116251. EDN: FGSRXG.
11. Zeghal D., Maaloul A. Analysing value added as an indicator of intellectual capital and its consequences on company performance // *Journal of Intellectual Capital*. – 2010. – Vol. 11. – No. 1. – pp. 39–60.
12. Yatsenko V.A., Samsonov N.Yu., Kryukov Ya.V. Option approach to economic evaluation of rare earth deposit development projects // *World of Economics and Management*. – 2018. – Vol. 18. – No. 4. – pp. 69–84. EDN: SPMRYV. (In Russ.)
13. Davydenko A.S. The system of key performance indicators as an effective instrument of corporate control over the activities of subsidiaries and dependent companies and evaluation of the effectiveness of strategy implementation // *Transport business of Russia*. – 2008. – No. 6. – pp. 83–86. EDN: JYAIFX. (In Russ.)
14. Gorodnichev A.Yu. Comparative analysis of modern models of analysis and evaluation of the results of enterprises' activities based on efficiency // *Audit and financial analysis*. – 2006. – No. 4. – pp. 072–079. EDN: KWCDYX. (In Russ.)
15. Kelarev V.V. Management of organization development based on OKR (Objective Key Results) principles // *State and municipal administration. Scientific notes*. – 2023. – No. 3. – pp. 17–22. EDN: AYEBVM. (In Russ.)

16. Starikov A.E. Comparative analysis of modern models of the balanced scorecard and criticism of its applicability // Bulletin of the Ural Institute of Economics, Management and Law. – 2012. – No. 2 (19). – pp. 62–71. EDN: TTYOXF. (In Russ.)
17. Botasheva L.Kh., Zheltenkov A.V., Burova E.A. Features of risk management in organizations of the metallurgical industry // Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Economics. – 2018. – No. 3. – pp. 45–54. EDN: YAANXN. (In Russ.)
18. Kostyukhin Yu.Yu. Strategic management of Russian metallurgy in the context of challenges and risks // Management sciences. – 2022. – Vol. 12. – No. 2. – pp. 21–32. EDN: WTFMKN. (In Russ.)
19. Samarina V.P., Sklyarova E.A., Zhilinkova A.P. Prospects for the development of Russian metallurgy in the context of new economic challenges of geopolitical genesis // Fundamental research. – 2023. – No. 3. – pp. 17–22. EDN: XBTNWH. (In Russ.)
20. Kogdenko V.G., Kazakova N.A. Justification of the parameters of environmental safety and sustainability of development of metallurgical production // Problems of Forecasting. – 2023. – No. 1 (196). – pp. 169–181. EDN: DKALKN. (In Russ.)
21. Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Golikov R.A., Mukasheva M.A. Assessment of the impact on public health of emissions from the rolling production of a metallurgical plant // Occupational Medicine and Industrial Ecology. – 2020. – Vol. 60. – No. 6. – pp. 359–363. EDN: ROWZUN. (In Russ.)
22. Nevolin A.E., Cherepovitsyn A.E. Strategic analysis of mining and metallurgical companies: taking into account socio-ecological factors // Industrial Economics. – 2024. – Vol. 17. – No. 1. – pp. 7–19. EDN: RBDGGT. (In Russ.)
23. Strategy of PJSC MMC Norilsk Nickel. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.nornickel.ru/company/strategy/> (accessed: 28.11.2024). (In Russ.)
24. Kononova S.A. Formation of a balanced scorecard as a factor in the strategic development of an enterprise // Bulletin of the Kemerovo State University. – 2014. – No. 4–3 (60). – pp. 262–266. EDN: TELNYD. (In Russ.)
25. Ovchinnikov K.N. Carbon footprint of the metallurgical industry and a review of promising solutions for its decarbonization in China, the USA and Germany // Subsoil use XXI century. – 2022. – No. 5 (97). – pp. 97–107. EDN: BOFZZH. (In Russ.)
26. Andrianov V.V., Sirotkin M.S., Bazhenova M.V. Russian companies in the mirror of international and domestic ESG ratings // Humanities. Bulletin of the Financial University. – 2023. – Vol. 13. – No. 2. – pp. 94–105. EDN: YWJINR. (In Russ.)

УДК 351.854

Влияние государственного регулирования на состояние научной сферы в Российской Федерации

М. С. Петрушина, А. Е. Термелева, Е. Е. Термелева

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Россия, 443086, Самара, ул. Московское шоссе, д. 34.

Аннотация

Статья посвящена оценке влияния государственной политики в сфере науки и развития научного потенциала Российской Федерации. Выполнен анализ ключевых показателей, характеризующих экономическое и кадровое состояние научной сферы страны. Выявлены основные проблемы, препятствующие равномерному и качественному развитию отечественного научного потенциала. Проанализированы меры по стимулированию развития научного кадрового потенциала, предусмотренных национальным проектом «Наука и университеты»: создание научно-образовательных центров и кампусов мирового уровня, программа «Приоритет–2030», привлечение талантливой молодежи в науку, меры материального стимулирования молодых ученых.

Ключевые слова: наука; научный потенциал; научные кадры; университеты; исследования; разработки; инновации.

Получение: 7 октября 2024 г. / Исправление: 6 ноября 2024 г. /

Принятие: 6 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

☞ © ⓘ Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Петрушина М. С., Термелева А. Е., Термелева Е. Е. Влияние государственного регулирования на состояние научной сферы в Российской Федерации // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 166–176. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-166-176>.


Сведения об авторах:

Милана Сергеевна Петрушина  <http://orcid.org/0009-0005-2725-1840>

студент 4 курса бакалавриата института экономики и управления, направления «Государственное и муниципальное управление»; e-mail: mrs-milana2@yandex.ru

Анна Евгеньевна Термелева  <http://orcid.org/0000-0003-0437-0001>

Старший преподаватель кафедры государственного и муниципального управления; e-mail: termeleva@mail.ru

Екатерина Евгеньевна Термелева  <http://orcid.org/0009-0001-7680-1264>

Старший преподаватель кафедры государственного и муниципального управления; e-mail: ekaterina.termel@mail.ru

Введение

Научные исследования и разработки являются неотъемлемым фактором качественного и устойчивого развития государства, поскольку обеспечивают общество новыми знаниями и способами решения проблем в самых различных сферах, что тактически и стратегически влияет на уровень жизни и благосостояния населения. Активным участником развития научной сферы является государство. Именно оно создает необходимые условия для беспрепятственного протекания научной деятельности на его территории. Государство должно выступать в роли регулятора и помощника, обеспечивая финансирование науки, создавая благоприятные инфраструктурные условия для проведения научных исследований и способствуя развитию инноваций [1].

Указом Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» определены стратегические приоритеты и направления политико-экономического развития страны, которые обуславливают укрепление научного потенциала с целью решения актуальных проблем и достижения технологического суверенитета [2].

Это актуализирует научную и практическую значимость изучения влияния государственной политики в сфере науки и развития научного потенциала Российской Федерации.

В ходе исследования использованы системный метод, методы статистического исследования, сравнительного анализа, обобщения теоретического материала и фактических данных, отражающих практический опыт влияния государственной политики в сфере науки и развития научного потенциала Российской Федерации.

На основе проведенного анализа сделан вывод о положительных результатах экономического и кадрового состояния научного сектора Российской Федерации, инициативы, реализуемые в рамках национального проекта «Наука и университеты», оказывают существенное влияние на развитие кадрового потенциала российской науки.

Целью статьи является оценка влияния государственной политики в сфере науки и развития научного потенциала Российской Федерации. Изучение и анализ состояния отечественной научной сферы являются важными составляющими государственной политики в сфере науки, так как необходимо своевременно выявлять и устранять проблемы, которые препятствуют получению новых полезных результатов.

Ход исследования

Государственное управление научной сферой осуществляется согласно нескольким направлениям, которые должны быть взаимосвязаны друг с другом и осуществляться комплексно. Основные направления государственного регулирования в сфере науки можно разделить на следующие: организационное, финансовое, правовое, стратегическое. Данные направления, а также механизмы их осуществления представлены в таблице 1.

Кроме перечисленных направлений государственного регулирования науки некоторые авторы дополнительно выделяют следующие: повышение спроса на инновационную продукцию, привлечение молодежи в науку, международное научное сотрудничество и др. [3].

Основными участниками научной деятельности являются государство, научные организации, научные кадры, коммерческие фирмы и общество [4]. Каждая из заинтересованных сторон имеет индивидуальные потребности. При этом государство тоже является участником научной деятельности, которому результаты научных достижений необходимы в целях решения социально-экономических проблем. Задача государства – выработать меры для сбалансированного удовлетворения потребностей каждого из участников научной деятельности и достигнуть синергетического эффекта от совместных усилий науч-

Таблица 1: Основные направления государственного регулирования науки.

Table 1: Main directions of state regulation of science.

Наименование направления государственного регулирования научной сферы	Механизмы осуществления направления
Организационное	Создание государством условий беспрепятственного процесса протекания научной деятельности (создание лабораторий, научных центров с высоким уровнем материально-технической оснащенности, организация быстрой поставки ресурсов, необходимых для проведения исследований)
Финансовое	Привлечение средств бюджетов различных уровней, научных организаций, коммерческих и инвестиционных компаний, страховых фондов и т.д. для финансирования организации научных процессов и стимулирования инновационной активности
Правовое	Создание нормативно-правовой базы, регулирующей различные аспекты научной деятельности, благодаря которой обеспечивается прозрачное поле для реализации действий в сфере науки и технологий, следовательно, гарантируется законность и справедливость, упорядочиваются процедуры, связанные с осуществлением научной деятельности
Стратегическое	Разработка долгосрочных планов и программ, благодаря которым формируются приоритеты развития, определяются ресурсы достижения целей, составляются планы и прогнозы будущих действий для достижения высоких показателей в сфере науки, технологий и инноваций

ных организаций, научных кадров и коммерческих фирм. При этом общество, как третья сторона, получает от этого положительный внешний эффект в виде возможности пользоваться результатами научных достижений любыми способами, не противоречащими законодательству Российской Федерации.

Оценка экономического состояния национальной научной сферы позволяет оценить эффективность использования государственных ресурсов, направленных на научные исследования, проанализировать тенденции в финансировании науки. Внутренние затраты на научные исследования и разработки – важный показатель инновационного развития страны, который отражает ориентацию национального правительства на технологическое лидерство. Динамика изменения внутренних затрат России с 2018 по 2023 годы представлена в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что за указанный период объем внутренних затрат стабиль-

Таблица 2: Внутренние затраты на научные исследования и разработки по Российской Федерации (млн. руб.).

Table 2: Domestic expenditure on scientific research and development in the Russian Federation (million rubles).

2018	2019	2020	2021	2022	2023
1028247.6	1134786.7	1174534.3	1301490.9	1435914.3	1649788.0

но увеличивался. В 2023 году данный показатель составил 1.6 трлн. руб., что на 213.9 млрд. больше по сравнению с 2022 годом [5]. В связи с этим увеличилось и значение наукоёмкости российской экономики (0.96% в 2023 г. по сравнению с 0.93 в 2022 г.) [6]. В рейтинге государств по абсолютным масштабам затрат на науку Россия входит в десятку лидеров, занимая 9-е место по итогам 2023 года [7]. Такой рост показателя внутренних затрат России свидетельствует об активной поддержке отечественной науки как со стороны бизнес-сектора, так и со стороны государства.

Однако, несмотря на ежегодное увеличение затрат на научные исследования и разработки, Россия все еще не смогла решить проблему, мешающую сделать отечественной науке серьезный качественный скачок и стать одной из передовых в мире.

Хотя затраты на науку увеличиваются ежегодно, доля этих затрат в общем объеме ВВП остается низкой и составляет около 1%. По этому показателю Россия уступает многим государствам с развитым научным потенциалом, таким, как Республика Корея, США, Япония и др. (таблица 3) [8].

Таблица 3: Внутренние затраты на исследования и разработки в процентах к валовому внутреннему продукту по странам.

Table 3: Domestic research and development costs as a percentage of gross domestic product by country.

	2000	2010	2021	2022
Россия	1.05	1.13	0.99	0.94
Республика Корея	2.13	3.32	4.81	4.93
США	2.62	2.71	3.45	3.46
Япония	2.86	3.10	3.27	3.30
Китай	0.89	1.71	2.40	2.43
Франция	2.09	2.18	2.35	2.22

Структура внутренних затрат на исследования и разработки по источникам финансирования (таблица 4) демонстрирует низкий уровень вовлеченности предпринимательского сектора во взаимодействие с научным сектором. Высокая доля государственного финансирования в структуре затрат указывает на необходимость решения проблем, связанных с недостатком привлечения частных инвестиций в научные исследования и разработки, в том числе объяснения промышленному сектору важности сотрудничества с научными институтами, формирования стимулов для такого сотрудничества.

Важным показателем, отражающим эффективность распределения ресурсов в научных исследованиях и разработках, является соотношение затрат на различные виды работ. Рассмотрим, на какие виды работ приходится большая доля внутренних и текущих затрат (таблица 5).

По каждому из видов работ наблюдается ежегодное увеличение затрат, однако самая большая доля внутренних затрат приходится на разработки. Это связано с тем, что разработки могут иметь более практическое применение, а также дать более быстрые и конкретные результаты.

Анализируя экономическое состояние научной сферы, стоит рассмотреть среднемесячную заработную плату персонала, занятого научными исследованиями и разработками. Данные по этому показателю представлены в таблице 6.

Из таблицы 6 видно, что динамика роста заработной платы научных сотрудников является положительной [8]. Если же рассматривать её по отношению к заработной плате

Таблица 4: Структура внутренних затрат на исследования и разработки по источникам финансирования (%).
Table 4: Structure of internal expenditure on research and development by sources of funding (%).

Источник финансирования	%
Средства федерального бюджета	53.8
Средства бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов	1.4
Бюджетные ассигнования на содержание образовательных организаций высшего образования	0.07
Средства организаций госсектора, включая собственные	11.4
Средства предпринимательского сектора	30.6
Средства иностранных источников	1.1
Прочие средства	1.6

Таблица 5: Внутренние и текущие затраты на исследования и разработки по видам работ (млн. руб.)
Table 5: Internal and current research and development costs by type of work (million rubles).

	2010	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Фундаментальные исследования	95881.4	169175.0	181371.9	205227.9	223093.6	236266.1	256186.4
Прикладные исследования	92010.7	197209.3	213363.3	218491.5	233457.7	259974.6	297406.8
Разработки	301558.8	594305.2	665854.6	667614.1	737027.2	826323.2	936646.4

Таблица 6: Среднемесячная заработная плата персонала, занятого исследованиями и разработками, руб.
Table 6: Average monthly salary of personnel engaged in research and development, (rubles).

	2000	2010	2019	2020	2021	2022
Среднемесячная з/п	2322.9	25043.5	57012.6	60247.3	67685.0	75841.3
В процентах к з/п в экономике в целом (=100%)	104.5	119.5	119.1	117.3	118.2	116.1

в экономике в целом, можно заметить уменьшение показателя в 2022 г. по сравнению с 2021 г. на почти 2 процентных пункта. Заработная плата научных работников растет номинально, однако является не такой конкурентоспособной, как заработная плата в некоторых других сферах экономики Российской Федерации.

Кроме того, можно отметить дифференциацию заработной платы научных работников по субъектам Российской Федерации. Анализ данных Росстата о средней заработной плате научных работников в организациях государственного и муниципального секторов за январь–декабрь 2023 года показывает значительный разброс показателей по субъектам страны (таблица 7).

Так, самый высокий уровень среднемесячной заработной платы научных сотрудников наблюдается в таких регионах, как Чукотский автономный округ (287 965 руб.), Ямало–Ненецкий автономный округ (266 269 руб.), Магаданская область (210 847 руб.), город Москва (191 170 руб.) и Сахалинская область (180 046 руб.). В то же время, самая низкая

Таблица 7: Размер средней заработной платы научных работников по субъектам Российской Федерации (руб.)
Table 7: The average salary of researchers in the subjects of the Russian Federation (rubles).

Регион	Размер средней заработной платы, руб.
Регионы лидеры:	
Чукотский автономный округ	287 965
Ямало–Ненецкий автономный округ	266 269
Магаданская область	210 847
Город Москва	191 170
Сахалинская область	180 046
Регионы аутсайдеры:	
Чеченская Республика	61 148
Республика Дагестан	59 058
Республика Северная Осетия–Алания	56 778

заработная плата в данной сфере отмечается в Чеченской Республике (61 148 руб.), Республике Дагестан (59 058 руб.) и Республике Северная Осетия–Алания (56 778 руб.) [9]. Такое различие в оплате труда может спровоцировать научных работников из регионов с низкой оплатой труда переезжать в города с более достойным уровнем заработной платы. Это создает угрозу для сбалансированного пространственного развития научной сферы в России. Кроме этого, сохраняется риск миграции квалифицированных научных кадров за рубеж в поисках лучшего вознаграждения за свою исследовательскую деятельность.

В России ресурсы научной инфраструктуры в основном сконцентрированы в столице и крупных городах с населением более миллиона человек, что также влияет на утечку научных кадров в крупные города или же вовсе на прекращение занятия научной деятельностью [10]. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации подчеркивается, что международная конкуренция за привлечение высококвалифицированных научных кадров является одним из факторов, сказывающихся на научно-технологическом развитии страны [11]. Процесс «утечки мозгов» – серьезная проблема для любого государства, поэтому создавать благоприятные условия для проведения научной деятельности, а также обеспечивать достойное вознаграждение за научную деятельность – одна из первоочередных задач государственной политики в сфере науки.

Проанализируем кадровое состояние научной сферы Российской Федерации. Рассмотрим динамику численности персонала, занятого исследованиями и разработками, по категориям, представленную в таблице 8.

Хотя в период с 2018 по 2021 годы общая численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, уменьшалась во всех категориях, в 2022 году наметился рост численности по всем категориям специалистов по сравнению с предыдущим годом. В 2023 году увеличение численности персонала наблюдается во всех категориях, кроме категории «исследователи».

Одной из значимых государственных инициатив в сфере науки, благодаря которой, в том числе, происходит стимулирование кадрового научного потенциала, является национальный проект «Наука и университеты». Одним из важных преимуществ его реализации следует обозначить ориентированность не только на развитие научного потенциала высших учебных заведений и научно-исследовательских организаций, но и на привлечение и поддержку талантливой молодежи, в том числе школьников. Так, в рамках национального

Таблица 8: Численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками, по категориям по Российской Федерации.
Table 8: Number of personnel engaged in scientific research and development by category in the Russian Federation.

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Исследователи	347854	348221	346497	340142	340666	338900
Техники	57722	58681	59557	60474	61369	62155
Вспомогательный персонал	160591	160864	158298	152066	154750	155084
Прочие	116413	114698	114981	110020	113085	114475
Всего	682580	682464	679333	662702	669870	670614

проекта создаются специализированные учебные научные центры – переходные платформы для школьников, благодаря которым возможно заниматься научными исследованиями еще со школьной скамьи, обеспечивая непрерывное обучение по принципу «школа – вуз» [12]. Целенаправленная работа с одаренными детьми и молодежью, создание для них благоприятных условий для раскрытия их научного потенциала является стратегически важной задачей, решение которой в долгосрочной перспективе может гарантировать стране качественный экономический рост.

Кроме этого, в рамках национального проекта реализуется государственная программа «Приоритет–2030», которая нацелена на поддержку и развитие научного потенциала университетов. В рамках этой программы вузам дается возможность получить грантовое финансирование на создание студенческих технопарков, бизнес-инкубаторов, а также на модернизацию учебно-лабораторной инфраструктуры. Программа «Приоритет–2030» способствует комплексному развитию российских университетов как ключевых центров генерации новых знаний и технологий, а также увеличению кадровых показателей в научной сфере за счет повышения студенческого интереса к науке [13].

Создание сети современных кампусов мирового уровня также является одним из способов повышения интереса молодежи к науке и развития научного кадрового потенциала. В 2021 году было отобрано 8 проектов кампусов, а в конце 2022 года Председатель Правительства Российской Федерации объявил о создании кампусов мирового уровня в еще 9 регионах страны, строительство которых должно быть реализовано в формате государственно-частного партнерства. Кампусы должны стать точкой притяжения талантливых студентов, повлиять на уменьшение интеллектуальной миграции. На базе кампусов будут подготавливаться научные кадры, проводиться научно-технические исследования, создаваться инновационные технологии. Все это в перспективе повлияет на увеличение численности специалистов, занятых в сфере науки, а также позитивно отразится на экономике тех регионов, в которых будут функционировать кампусы.

В процессе осуществления научной деятельности не последнюю роль играет материальное стимулирование, поэтому в России существует обширный комплекс мер поддержки ученых и исследователей. Студенты и аспиранты имеют возможность получать стипендии Президента и Правительства, различные именные стипендии, предоставляемые как из средств федерального, так и региональных бюджетов. Назначение стипендии – это не только материальное вознаграждение, но и признание результатов научной деятельности студентов и молодых ученых экспертным сообществом, которое мотивирует продолжать вносить вклад в науку по своей специальности.

Повышению заинтересованности к научной деятельности и развитию кадрового потенциала в сфере науки также способствует создание научно-образовательных центров мирового уровня (НОЦ), начавшееся с 2018 года. В 2019 году в России уже работали 5 таких центров, а на 2024 год их количество составляет 15 единиц. Центры служат платформами для подготовки высококвалифицированных научных кадров и исследовательских коллективов. С помощью них происходит кооперация высших учебных заведений, научных центров и бизнеса, вследствие которой разрабатываются и внедряются инновационные решения в реальный сектор экономики [14].

Сохранение и приумножение человеческого капитала в науке имеет критическое значение для обеспечения технологического суверенитета страны и ее долгосрочной конкурентоспособности. Привлечение и удержание ведущих научных деятелей, создание условий для раскрытия потенциала молодых исследователей являются важнейшими приоритетами реализации национального проекта. Меры по повышению престижа научной деятельности, развитие системы поддержки молодых ученых, создание современной исследовательской инфраструктуры в вузах – все это направлено на формирование благоприятной среды, способствующей профессиональному росту и закреплению научных кадров в Российской Федерации.

Заключение

1. Анализ экономического и кадрового состояния научного сектора Российской Федерации показал следующие положительные результаты: ежегодное увеличение внутренних затрат на научные исследования и разработки, рост среднемесячной заработной платы научного персонала, разнообразие мер поддержки, направленных на улучшение кадрового состояния научной сферы.
2. Выявлено, что внутренние затраты на научные исследования и разработки в Российской Федерации в процентах к ВВП ежегодно составляют около 1%, что является низким показателем по сравнению с другими развитыми странами с высоким уровнем научного потенциала.
3. Установлено, что основным источником финансирования российской науки являются государственные средства (средства федерального бюджета и организаций госсектора). Финансирование со стороны бизнес-сектора почти в 2 раза меньше, что является препятствием для полноценного и равномерного развития научной сферы и указывает на важность объяснения коммерческому сектору пользы взаимодействия с научными институтами.
4. Выявлено неравномерное распределение заработной платы научных сотрудников по регионам, которое создает серьезную проблему «утечки мозгов».
5. Выяснено, что инициативы, реализуемые в рамках национального проекта «Наука и университеты», оказывают существенное влияние на развитие кадрового потенциала российской науки.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Байсаева М.У., Ахмедов С.А., Дагаева Х.Б., Газгериев Ш.Ш. Государственная научно-техническая и инновационная политики в системе государственного и муниципального управления // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». – 2019. – № 4-1. – С. 397–406. EDN: PEMSII.

2. Указ Президента РФ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» от 07.05.2024 № 309. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/> (дата обращения: 01.10.2024)
3. Баранова В.П., Белоусов В.Л. Механизмы государственного регулирования научной сферы // Инновации. – 2012. – № 3. – С. 56–60. EDN: REKSWD.
4. Шепелев Г.В. О государственном регулировании науки // Управление наукой: теория и практика. – 2021 – № 3. – С. 16–44. EDN: KPSQKK.
5. Наука, инновации и технологии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/154849?print=1> (дата обращения: 15.10.2024)
6. Финансирование науки в РФ достигло 1.6 трлн. рублей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/events/52662/> (дата обращения: 22.10.2024)
7. Рост затрат на науку в России: итоги 2023 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://issek.hse.ru/news/963240693.html?ysclid=m3376on1fg592839795> (дата обращения: 17.10.2024)
8. Власова В.В., Гохберг Л.М., Дитковский К.А. и др. Наука. Технологии. Инновации: 2024: краткий статистический сборник. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/886073380.pdf?ysclid=m33997b2kd294598592> (дата обращения: 15.10.2024)
9. Итоги федерального статистического наблюдения в сфере оплаты труда отдельных категорий работников социальной сферы и науки за январь–декабрь 2023 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/itog-monitor_04-2023.html (дата обращения: 17.10.2024)
10. Волкова Г.Л., Никишин Е.А. Паттерны межрегиональной мобильности российских учёных и готовность к переездам в будущем // Экономика региона. – 2022. – №1 (18). – С. 175–192. EDN: EQMRMZ.
11. Указ Президента РФ «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 28.02.2024 № 145. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/?ysclid=m3zo29eol8100882095> (дата обращения: 20.10.2024)
12. Погружаться в науку еще в школе. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xn--80aарамремсчfmo7a3c9ehj.xn--plai/opportunities/pogruzhatnya-v-nauku-eshche-v-shkole/> (дата обращения: 20.10.2024)
13. Гусева А.И., Калашник В.М., Каминский В.И., Киреев С.В. Первый год реализации программы «Приоритет–2030»: позитивные результаты и проблемные направления университетов исследовательского трека // Высшее образование в России. – 2023. – №3. – С. 9–25. EDN: PQNXRI.
14. Анисимова В.Ю., Гаффарлы Э.П. Анализ финансирования и роли научно-образовательных центров мирового уровня в РФ // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2021. – № 2. – С. 7–18. EDN: NTJGIC.

The Impact of Government Regulation on the State of the Scientific Sphere in the Russian Federation

M. S. Petrushina, A. E. Termeleva, E. E. Termeleva

Samara National Research University, 34,
Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article is devoted to the assessment of the impact of state policy in the sphere of science and development of scientific potential of the Russian Federation. The analysis of key indicators characterizing the economic and personnel state of the scientific sphere of the country is performed. The main problems preventing the uniform and high-quality development of the domestic scientific potential are identified. The measures to stimulate the development of scientific personnel potential provided by the national project "Science and Universities" are analyzed: the creation of scientific and educational centers and world-class campuses, the "Priority-2030" program, attracting talented youth to science, measures of material incentives for young scientists.

Keywords: science; scientific potential; scientific personnel; universities; research; development; innovation.

Received: Monday 7th October, 2024 / Revised: Wednesday 6th November, 2024 /
Accepted: Friday 6th December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

⌚ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Petrushina M. S., Termeleva A. E., Termeleva E. E. The Impact of Government Regulation on the State of the Scientific Sphere in the Russian Federation, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 166–176. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-166-176> (In Russian).


Authors' Details:

Milana S. Petrushina  <http://orcid.org/0009-0005-2725-1840>

4th-year undergraduate student, Institute of Economics and Management, majoring in Public and Municipal Administration; e-mail: mrs-milana2@yandex.ru

Anna E. Termeleva  <http://orcid.org/0000-0003-0437-0001>

Senior Lecturer, Department of Public and Municipal Administration;
e-mail: termeleva@mail.ru

Ekaterina E. Termeleva  <http://orcid.org/0009-0001-7680-1264>

Senior Lecturer, Department of Public and Municipal Administration;
e-mail: ekaterina.termel@mail.ru

1. Baysayeva M.U., Akhmedov S.A., Dagaeva H.B., Gazgeriev Sh.Sh. State scientific, technical and innovation policies in the system of state and municipal administration // International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral". – 2019. – No. 4–1. – pp. 397–406. EDN: PEMSII. (In Russ.)
2. Decree of the President of the Russian Federation "On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the perspective up to 2036" dated 07.05.2024 No. 309. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/> (accessed: 01.10.2024) (In Russ.)
3. Baranova V.P., Belousov V.L. Mechanisms of state regulation of the scientific sphere // Innovations. – 2012. – No. 3. – pp. 56–60. EDN: REKSWD. (In Russ.)
4. Shepelev G.V. On state regulation of science // Science management: theory and practice. – 2021 – No. 3. – pp. 16–44. EDN: KPSQKK. (In Russ.)
5. Science, Innovation and Technology. [Electronic resource]. Access mode: <https://rosstat.gov.ru/folder/154849?print=1> (accessed: 15.10.2024) (In Russ.)
6. Science funding in the Russian Federation reached 1.6 trillion rubles. [Electronic resource]. Access mode: <https://digital.gov.ru/ru/events/52662/> (accessed: 22.10.2024) (In Russ.)
7. Growing Science Expenditures in Russia: Results for 2023. [Electronic resource]. Access mode: <https://issek.hse.ru/news/963240693.html?ysclid=m3376on1fg592839795> (accessed: 17.10.2024) (In Russ.)
8. Vlasova V.V., Gokhberg L.M., Ditkovsky K.A. et al. Science. Technologies. Innovations: 2024: Brief statistical digest. [Electronic resource]. Access mode: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/886073380.pdf?ysclid=m33997b2kd294598592> (accessed: 15.10.2024) (In Russ.)
9. Results of federal statistical monitoring in the field of remuneration of certain categories of workers in the social sphere and science for January–December 2023. [Electronic resource]. Access mode: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/itog-monitor_04-2023.html (accessed: 17.10.2024) (In Russ.)
10. Volkova G.L., Nikishin E.A. Patterns of interregional mobility of Russian scientists and readiness to relocate in the future // Economy of the region. – 2022. – No. 1 (18). – pp. 175–192. EDN: EQMRMZ. (In Russ.)
11. Decree of the President of the Russian Federation "On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation" dated 28.02.2024 No. 145. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408518353/?ysclid=m3zo29eol8100882095> (accessed: 20.10.2024) (In Russ.)
12. Immerse yourself in science while still in school. [Electronic resource]. Access mode: <https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/opportunities/pogruzhatnya-v-nauku-eshche-v-shkole/> (accessed: 20.10.2024) (In Russ.)
13. Guseva A.I., Kalashnik V.M., Kaminsky V.I., Kireev S.V. The first year of implementation of the Priority–2030 program: positive results and problem areas of research track universities // Higher education in Russia. – 2023. – No. 3. – pp. 9–25. EDN: PQNXRI. (In Russ.)
14. Anisimova V.Yu., Gaffarly E.P. Analysis of financing and the role of world-class scientific and educational centers in the Russian Federation // Bulletin of Samara University. Economics and Management. – 2021. – No. 2. – pp. 7–18. EDN: NTJGIC. (In Russ.)

УДК 332.143

Влияние цифровых двойников на оптимизацию бизнес-процессов промышленных предприятий

Е. С. Подборнова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

В настоящей статье рассмотрено влияние на бизнес-процессы цифровых двойников, применяемых в различных отраслях промышленности отечественных и зарубежных предприятий в разрезе повышения эффективности их функционирования на основе внедрения первых в производственные и управленческие процессы. Проанализированы эффекты от внедрения и преимущества цифрового двойника, а также влияние на бизнес-процессы промышленного предприятия, с точки зрения их оптимизации. Рассмотрен опыт применения цифровых двойников отечественными и зарубежными предприятиями. Сделаны выводы об актуальности и целесообразности использования технологий цифровизации в современных экономических условиях.

Ключевые слова: цифровизация; цифровой двойник; бизнес-процессы; промышленные предприятия; эффективность; конкурентоспособность.

Получение: 1 октября 2024 г. / Исправление: 31 октября 2024 г. /
Принятие: 30 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Введение

Цифровые технологии сегодня широко распространены и активно применяются во всех сферах и отраслях хозяйственной деятельности, являясь уже, не столько тенденцией, сколько необходимостью для удержания конкурентных позиций [1].

Цифровая трансформация бизнеса является сегодня залогом его успешного и эффективного развития, и обуславливает актуальную необходимость модернизации процессов сбора, хранения и обработки данных [2].

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024

© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

📄 ©️🌐 Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Подборнова Е. С. Влияние цифровых двойников на оптимизацию бизнес-процессов промышленных предприятий // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 177–186. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-177-186>.

Сведения об авторе:

Екатерина Сергеевна Подборнова  <http://orcid.org/0000-0002-5135-7961>
к.э.н., доцент кафедры экономики инноваций; e-mail: kate011087@rambler.ru

Цифровизация бизнес-процессов представляет собой важное и необходимое условие адаптации бизнеса к постоянно меняющимся условиям рынка и экономики, в целом, при условии сохранения и, даже, увеличения эффективности функционирования предприятий [3–5].

Современное промышленное предприятие – сложная многоаспектная система. Следовательно, управление в такой системе – это комплекс, включающий в себя методы, инструменты и принципы управления, направленные на достижение поставленных производственных целей и задач, при условии минимизации затрат [6].

Актуальные тенденции развития промышленных предприятий, обусловленные глобальными изменениями факторов производства, включают в себя:

- переход большинства сфер деятельности предприятий на цифровой путь на основе современного ПО и высокотехнологичного оборудования;
- повышение стоимости используемых ресурсов;
- формирование новых производственных цепей замещения номенклатуры производимой продукции;
- удержание конкурентных позиций, что особенно актуально сегодня для отечественных производств.

Все это делает необходимым глобальное обновление и реформирование стратегий функционирования предприятий для повышения эффективности, увеличения производительности, обеспечения финансовой устойчивости, улучшения качества продукта и, в конечном счете, получения конкурентных преимуществ в долгосрочной перспективе.

Учитывая, что бизнес-процессы предприятия охватывают все сферы его деятельности, выделение процессного подхода в качестве наиболее эффективного механизма, основанного на глубоком анализе и оптимизации бизнес-процессов, является приоритетным фактором формирования стратегий, обеспечивающих конкурентные преимущества.

В свою очередь, курс руководства предприятий, направленный на формирование политики совершенствования управленческих систем на основе удержания конкурентных позиций, позволяет достигать поставленных целей в условиях меняющейся рыночной конъюнктуры и других внешних и даже внутренних факторов.

Помимо этого, гибкие системы, способные с минимальной задержкой и затратами реагировать на изменение условий по всей производственной цепи должны также обладать способностью надлежащим образом адаптироваться к новым условиям.

К примеру, гибкость производственного механизма должна обеспечивать сглаживание колебаний спроса, требования к новой конфигурации продукта или логистической цепочке, и нейтрализовать иные внешние и внутренние колебания. А система IT-производства – обрабатывать поступающие данные от заинтересованных лиц, с последующим внесением корректировок в производственный процесс или конечный продукт, без прерывания производственного цикла.

Целью данной работы является исследование влияния цифровых двойников на оптимизацию бизнес-процессов промышленных предприятий.

Следует отметить, что у исследуемого явления весьма широкий спектр применения, включающий не только перевод физического объекта в цифровую модель, но и возможности аналитики, планирования и прогнозирования явлений без непосредственного участия объекта.

1. Ход исследования

Понятие и явление цифрового двойника — результат новой технологической революции и одно из следствий Индустрии 4.0. С появлением интернета вещей (IoT) цифровое производство стало актуальным, эффективным стандартом экономики.

Технология цифровых двойников позволяет предприятиям использовать компьютерные модели для прогнозирования поведения тех или иных процессов, не затрагивая непосредственно сам объект изучения, что, в свою очередь позволяет избегать большого числа рисков и непоправимого ущерба предприятию. А также, это открыло возможности для тестирования новых идей и проектов без существенных вложений ресурсов, необходимых, в случае с реальным физическим объектом.

Сущность метода заключается в том, чтобы перенести существующую или, планируемую к реализации систему (например предприятие), в виртуальный формат 1:1, таким образом, создав взаимосвязь между ними, позволяющую отражать состояние физического объекта, отражая производительность, эффективность принимаемых решений и актуальные показатели на выходе. Помимо этого, такая модель способна предупреждать о сбоях и иных отклонениях заблаговременно.

Технология в разы упрощает взаимодействие управленческой структуры с объектом управления, создает экономию ресурсов, минимизирует появления ошибок и сбоев, продлевая срок службы оборудования, что позволяет максимизировать прибыль от инвестиций, повышает клиентоориентированность и конкурентоспособность предприятия.

Сегодня Цифровой двойник – концепция, применяемая в большинстве прогрессивных предприятий различных отраслей хозяйствования.

Исследование маркетингового агентства Markets&Markets, занимающегося бизнес-аналитикой различных рыночных отраслей, показало рост рынка цифровых двойников с 3 миллиардов долларов США до 48 миллиардов в 2020 году, при том, что предыдущий анализ 2019 года показывал прогнозные значения 15,6 млрд. только к 2023 году [1].

Представим динамику прогноза емкости рынка цифровых двойников на рисунке 1.

Такая динамика и расхождения в прогнозных значениях связано, в первую очередь, со значительным ростом сферы здравоохранения и фармацевтики, связанным с COVID-19.

Рейтинговое агентство Market Research Future делает прогноз по объему рынка до уровня 35.5 млрд. долл. К концу 2025 года, а среднегодовой темп роста в 42.5 % [2].

Самым крупным цифровым двойником, реализованным на практике, можно считать двойник города. Таким образом власти Сингапура создали виртуальную копию города для мониторинга уровня загрязнения, прогнозирования климатических изменений, планирования городских пространств, а также предотвращения и своевременной реакции на чрезвычайные ситуации.

Автомобильная промышленность – одна из сфер, получивших наибольшее распространение этой технологии. Так, к примеру, сотрудничество компаний «Siemens» и «Maserati S.p.A.» привело к созданию и внедрению на одном из заводов двойник автомобиля представительского класса Ghibli, отражающего точные характеристики оригинала, что способствовало разработке этого автомобиля, сократив время его разработки на 30 %, значительно снизив ресурсные вложения в прототипирование и реальные испытания.

В дополнение, технология цифрового двойника позволила сократить время выхода модели на рынок в два, а пропускную способность производства увеличить в 3 раза, за счет сокращения времени простоя [3].

Покажем на рис. 2 стоимость изменения конструкции продукта с помощью цифрового двойника и при разработке традиционным способом.

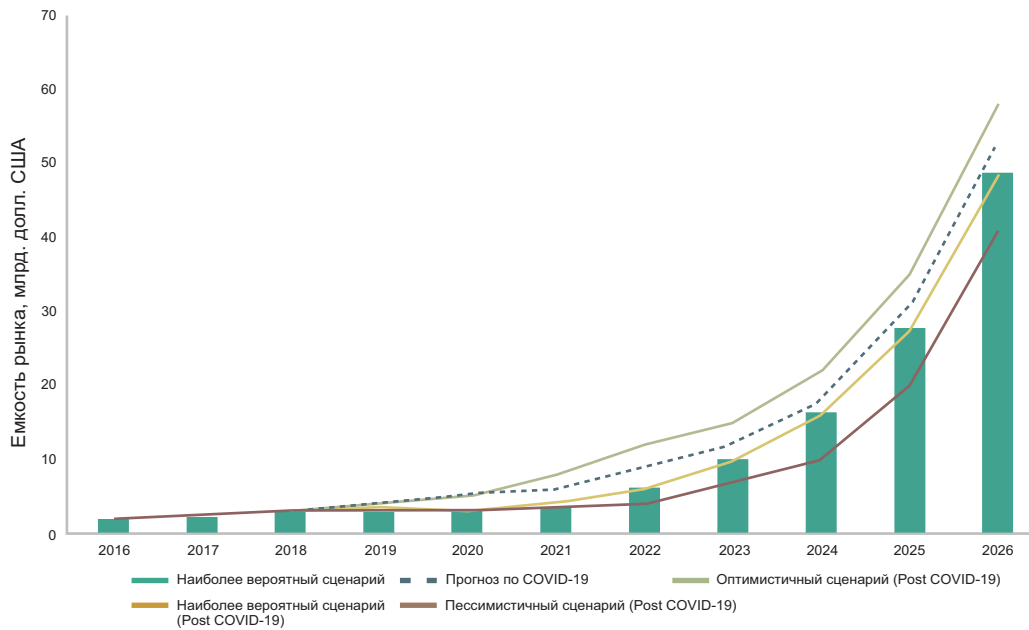


Рис. 1: Прогноз емкости рынка цифровых двойников до 2026 года с анализом воздействия COVID-19 [3].

Fig. 1: Forecast of the capacity of the digital twins market until 2026 with an analysis of the impact of COVID-19 [3].

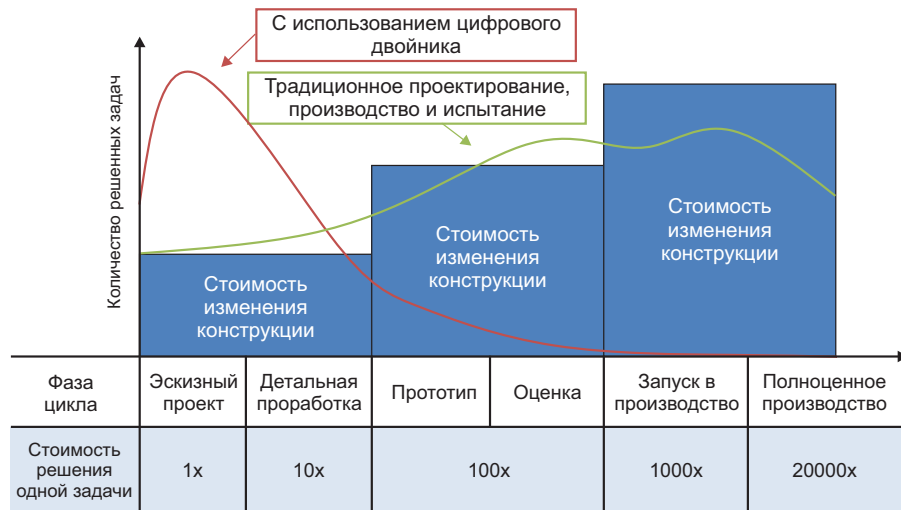


Рис. 2: Стоимость изменения физического объекта в различных масштабах [4].

Fig. 2: The cost of changing a physical object at various scales [4].

На основе открытых данных о промышленных предприятиях, использующих концепцию ЦД, а также информации аналитического агентства цифрового консалтинга КМДА, определим характерные особенности влияния рассматриваемой цифровой технологии на бизнес-процессы промышленных предприятий на рис. 3.

Больше половины исследуемых предприятий отмечают в положительных эффектах сокращение издержек, повышение эффективности процессов и повышение производительности [5–6].



Рис. 3: Влияние внедрения цифрового двойника на бизнес-процессы промышленных предприятий.
 Fig. 3: The impact of the introduction of a digital twin on the business processes of industrial enterprises.

Также, исходя из открытых данных, сформулируем факторы, способствующие стимулированию внедрения ЦД в производственную деятельность и отразим на рисунке 4.



Рис. 4: Факторы, стимулирующие внедрение цифровых двойников в производство.
 Fig.4: Factors stimulating the introduction of digital twins into production.

Анализируя данные, можно сделать вывод, что более 30% предприятий выделяют стимулом ко внедрению технологии повышение качества продукта и снижение стоимости производства.

Продолжая тему автомобильной промышленности и повышения эффективности функционирования, рассмотрим пример отечественного производителя АО «КАМАЗ», на чьем заводе были смоделированы двойники 28 станков с программным управлением, 20 универсальных станков и более 50 видов другого оборудования. В 2021 году там же был создан двойник станка, с двойником технологического процесса и управляющей программой для обработки на станке ЧПУ, что позволило разбить все этапы производства на симуляции по этапам производства и довести мощность оборудования до значений близких к 100%.

По итогу реализации двойника удалось:

- сократить время выработки детали с получаса до 10 минут 12 секунд. Аналогично, со слов разработчиков проекта, можно создавать такие же высокопроизводительные процессы для любого оборудования;
- снизить затраты, по предварительным расчетам, на 18 миллионов рублей в год, высвободив время для обработки других деталей.

Прямой экономический эффект, таким образом, должен составить порядка 40 млн. рублей, а косвенный, при выходе на технологический рынок сложных запчастей, – до 1 млрд. с каждого станка [7].

Рассмотрим примеры внедрения цифровых двойников в нефтегазовой отрасли. Здесь они также широко представлены по всему жизненному циклу от добычи ПИ и до выхода конечного продукта на рынок. Цифровые модели сокращают здесь капитальные затраты, облегчают транспортировку и переработку и ускоряют добычу сырья.

Это особенно необходимо при добыче в труднодоступных районах. Норвежская нефтедобывающая и перерабатывающая компания Aker BP, реализовала двойник для удаленного мониторинга и управления оборудованием на континентальном шельфе. Таким образом, компании удалось снизить трудозатраты на платформе, перенеся большую часть персонала на сушу. Это создало существенную экономию, сократив среднегодовые затраты на каждого сотрудника, примерно в миллион евро.

Еще один пример цифрового моделирования — европейская компания Schneider Electric, благодаря своевременному внедрению цифровой системы аналитики, удалось предсказать сбой компрессора, до за 25 дней до реального случая, что позволило сберечь компании миллионы долларов.

Обращаясь к отрасли авиастроения, можно вспомнить опыт голландской компании KLM. Исходя из их аналитики, цифровое моделирование позволило сократить количество поломок оборудования и простоев на 50 %.

Российская компания «Объединенная двигателестроительная корпорация» в 2021 году начала производство высококонкурентных двигателей по концепции цифрового двойника, результатами внедрения стали: повышение эффективности управления жизненным циклом двигателя, возможность проведения виртуальных испытаний, сокращение времени разработки двигателей, возможность внесения корректировок в разработку на всех этапах последовательно, сократив затраты компании на 30 %.

Можно определить потенциальные возможности технологии двойников и цели их применения на промышленных предприятиях. К ним можно отнести:

- прогнозирование внедряемых решений;
- текущая аналитика и сбор данных;
- обнаружение и предотвращение проблем до их появления;
- определение характеристик будущих образцов;
- выстраивание логистических цепочек;
- определение необходимости технического обслуживания;
- определить ключевые показатели эффективности;
- выявить уязвимые места в системе;

Таким образом, внедряемый цифровой двойник позволяет воспроизвести практически любые бизнес-процессы без ущерба для объекта внедрения, а также проводить анализ сценариев «что-если» и последующего выявления взаимосвязей при тесном взаимодействии с управляющими структурами [8–10].

Преимущества технологии «Цифровой двойник» представим в таблице 1.

Таблица 1: Характеристика преимуществ от внедрения цифрового двойника на промышленном предприятии.

Table 1: Characteristics of the advantages of introducing a digital twin in an industrial enterprise.

Этап жизненного цикла	Преимущества
Проектирование и производство	<ol style="list-style-type: none"> 1. Улучшение характеристик на основе виртуального проектирования. 2. Минимизация ошибок за счет их тестирования в виртуальной среде. 3. Повышение контроля.
Эксплуатация	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышение промышленной безопасности и снижение риска причинения вреда здоровью работников (на основе прогнозирования системой технических проблем). 2. Повышение точности производственных операций за счет имитации и контроля процесса цифровым двойником.
Техническое обслуживание	<ol style="list-style-type: none"> 1. Непрерывный мониторинг состояния физического объекта в реальном времени. 2. Возможность предиктивного обслуживания и ремонта. 3. Оптимизация технического обслуживания и ремонта. 4. Точное прогнозирование срока полезного использования оборудования (в соответствии с его техническим состоянием).

Можно видеть, что технология Цифровых двойников перспективна и имеет большое количество преимуществ. А отечественный и зарубежный опыт разных масштабов и отраслей иллюстрируют высокую результативность и эффективность технологии, а в долгосрочной перспективе и значительном масштабе – высокий экономический эффект.

Заключение

Цифровизация — процесс перевода производства в цифровой виртуальный формат. Важность цифровизации заключается, прежде всего, в повышении эффективности и открытости бизнес-процессов предприятий. Ускорение скорости обработки данных, детализованная аналитика, безопасность использования — основные преимущества цифрового формата. Можно однозначно сказать, что сегодня явление Цифрового двойника в промышленном производстве не ново, а эффективность от его внедрения доказана на практике и подтверждена отечественным и зарубежным опытом. Сегодня ЦД изменяют способы производства, повышают производительность и ускоряют вывод продукта на рынок, обеспечивая конкурентные преимущества. Дальнейшая цифровизация и новая индустриальная трансформация, ведущая в будущем к Индустрии 5.0, откроет новые возможности для применения технологий двойников.

В процессе анализа использования в различных отраслях были выявлены основные преимущества цифрового двойника и были рассмотрены основные проблемы, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении цифрового двойника.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Digital Twin Market worth \$48.2 billion by 2026. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/digital-twin.asp> (дата обращения: 12.11.2024).
2. Digital Twin Market to Demonstrate a Robust Growth Over 2025. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.marketresearchfuture.com/press-release/digital-twin-industry> (дата обращения: 13.11.2024).
3. Габитова Г.Ф., Хватова Т.Ю. Цифровой двойник как основа инновационного развития малых и средних предприятий автомобильной промышленности на примере Германии и России // Бизнес. Образование. Право. – 2020. – № 3 (52). – С. 132–138. EDN: САКЛIE.
4. Руткаускас Т.К. Экономика организации (предприятия): учебное пособие / Т.К. Руткаускас [и др.]; под общей ред. д-ра экон. наук, проф. Т.К. Руткаускас. – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2018. – 260 с. ISBN: 978-5-8295-0563-9.
5. Цифровой консалтинг КМДА. Цифровая трансформация в России – 2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020 (дата обращения: 14.11.2024).
6. Савина Е.С., Гусев В.Г. Сокращение срока технологической подготовки производства корпусных деталей на станках с числовым программным управлением // Master's Journal. – 2016. – № 1. – С. 153–157. EDN: WСУНГХ.
7. Авдеев В. ПАО «КАМАЗ»: цифровое производство и эффективность бизнеса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tbforum.ru/blog/pao-kamaz-cifrovое-proizvodstvo-i-ehffektivnost-biznesa> (дата обращения: 14.11.2024).
8. Барановский В.Ю., Зайченко И.М. Формирование стратегической карты управления предприятием на основе концепции цифровой трансформации бизнеса // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 185–193. EDN: ХVУОРВ.
9. Землякова С.Н. Методические аспекты цифровизации бизнес-процессов организаций в условиях перехода на цифровую экономику // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 4-2. – С. 186–189. EDN: LMCHSC.
10. Симченко Н.А., Цёхла С.Ю. Цифровые двойники в экономическом развитии промышленности: управление и эффекты: монография. – Симферополь: Издательский дом КФУ, 2021. – 238 с. ISBN: 978-5-6046333-7-3. EDN: ZFHUO.

The influence of digital twins on the optimization of business processes of industrial enterprises

E. S. Podbonova

Samara National Research University, 34,
Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

This article examines the impact of digital twins on business processes used in various industries of domestic and foreign enterprises in terms of increasing the efficiency of their functioning based on the introduction of the former into production and management processes. The effects of the implementation and advantages of a digital twin, as well as the impact on the business processes of an industrial enterprise, are analyzed from the point of view of their optimization. The experience of using digital twins by domestic and foreign enterprises is considered. Conclusions are made on the relevance and feasibility of using digitalization technologies in modern economic conditions.

Keywords: digitalization; digital twin; business processes; industrial enterprises; efficiency; competitiveness.

Received: Tuesday 1st October, 2024 / Revised: Thursday 31st October, 2024 /
Accepted: Saturday 30th November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Digital Twin Market worth \$48.2 billion by 2026. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/digital-twin.asp> (accessed: 12.11.2024).
2. Digital Twin Market to Demonstrate a Robust Growth Over 2025. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.marketresearchfuture.com/press-release/digital-twin-industry> (accessed: 13.11.2024).

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓐ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:

Podbornova E. S. The influence of digital twins on the optimization of business processes of industrial enterprises, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 177–186. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-177-186> (In Russian).

Author's Details:

Ekaterina S. Podbornova  <http://orcid.org/0000-0002-5135-7961>

Ph.D. in Economics, Associate Professor of the Department of innovation Economics;

e-mail: kate011087@rambler.ru

3. Gabitova G.F., Khvatova T.Yu. Digital twin as a basis for innovative development of small and medium-sized enterprises in the automotive industry on the example of Germany and Russia // Business. Education. Law. – 2020. – No. 3 (52). – pp. 132–138. EDN: CAKLIE (In Russ.)
4. Rutkauskas TK Economics of the organization (enterprise): study guide / TK Rutkauskas [et al.]; edited by Doctor of Economics, prof. TK Rutkauskas. – 2nd ed., revised and enlarged. – Ekaterinburg: Publishing house of UMC UPI, 2018. – 260 p. ISBN: 978-5-8295-0563-9 (In Russ.).
5. Digital consulting KMDA. Digital transformation in Russia – 2020. [Electronic resource]. Access mode: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020 (accessed: 14.11.2024) (In Russ.)
6. Savina E.S., Gusev V.G. Reduction of the term of technological preparation for the production of body parts on machines with numerical control // Master's Journal. – 2016. - No. 1. - pp. 153–157. EDN: WCYHGX. (In Russ.)
7. Avdeev V. PJSC KAMAZ: digital production and business efficiency. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.tbforum.ru/blog/pao-kamaz-cifrovoe-proizvodstvo-i-ehffektivnost-biznesa> (accessed: 14.11.2024) (In Russ.)
8. Baranovsky V.Yu., Zaychenko I.M. Formation of a strategic map of enterprise management based on the concept of digital business transformation // Scientific and technical statements of the St. Petersburg State Polytechnical University. Economic sciences. – 2018. – Vol. 11. – No. 3. – pp. 185–193. EDN: XVYOPB. (In Russ.)
9. Zemlyakova S.N. Methodological aspects of digitalization of business processes of organizations in the context of transition to a digital economy // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2019. – No. 4–2. – pp. 186–189. EDN: LMCHSC. (In Russ.)
10. Simchenko N.A., Tsyokhla S.Yu. Digital twins in the economic development of industry: management and effects: monograph. – Simferopol: KFU Publishing House, 2021. – 238 p. ISBN: 978-5-6046333-7-3. EDN: ZFHUO. (In Russ.)

УДК 332.142.2

Построение и применение инновационного рейтинга регионов с использованием технологии случайного леса

С. Н. Яшин, Н. И. Яшина, Е. В. Кошелев

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н. И. Лобачевского, Россия, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.

Аннотация

Публикуемая статья посвящена актуальной проблеме разработки моделей построения и применения инновационного рейтинга регионов страны, имеющих отрасль радиоэлектронной промышленности (РЭП). Для преодоления ряда недостатков известных классических статистических подходов для повышения точности прогнозирования развития отрасли РЭП и адекватности присваиваемых ей рейтингов. Разработан и применен вариант технологии машинного обучения «случайный лес», повышающий точность прогнозирования развития отрасли РЭП. Проведена верификация полученных рейтингов на данных нового периода наблюдения с целью определения по регионам-лидерам сегментов входных переменных модели.

Ключевые слова: радиоэлектронная промышленность; инновационный рейтинг; задача классификации; случайный лес.

Получение: 12 октября 2024 г. / Исправление: 11 ноября 2024 г. /

Принятие: 11 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Региональная и отраслевая экономика (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

📄 ©📄 Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Яшин С. Н., Яшина Н. И., Кошелев Е. В. Построение и применение инновационного рейтинга регионов с использованием технологии случайного леса // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 187–201. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-187-201>.


Сведения об авторах:

Сергей Николаевич Яшин  <http://orcid.org/0000-0002-7182-2808>

д.э.н., профессор; заведующий кафедрой менеджмента и государственного управления; e-mail: jashinsn@yandex.ru

Надежда Игоревна Яшина  <http://orcid.org/0000-0002-0630-7949>

д.э.н., профессор; заведующая кафедрой финансов и кредита;
e-mail: yashina@iee.unn.ru

Егор Викторович Кошелев  <http://orcid.org/0000-0001-5290-7913>

к.э.н., доцент; доцент кафедры менеджмента и государственного управления; e-mail: ekoshelev@yandex.ru

Введение

В современных условиях развития экономики существует острая необходимость планирования инновационного развития приоритетных отраслей промышленности. Отрасль радиоэлектронной промышленности (РЭП) является одной из ключевых в плане решения задачи импортозамещения.

Государственная поддержка регионов, имеющих необходимый инновационный потенциал для выполнения данной задачи, требует предварительной оценки инновационных перспектив регионов страны, имеющих отрасль РЭП. Для этого необходимо создание инновационного рейтинга регионов. Важность развития отрасли РЭП для развития общества сложно переоценить.

В настоящее время особая роль в применении продукции радиоэлектронной промышленности (РЭП) отводится оборонно-промышленному комплексу, как инструменту обеспечения вооруженных сил современным и качественным вооружением, военной и специальной техникой. Вместе с тем очевидным трендом является все большая ориентированность радиоэлектронной промышленности на гражданскую сферу [1].

Промышленная электроника является важным аспектом современного производства, обеспечивая автоматизацию, управление, мониторинг и связь в промышленных процессах. Последние тенденции в области промышленной электроники, такие как IIoT и Industry 4.0, еще больше повышают эффективность и снижают издержки, делая обрабатывающую промышленность более конкурентоспособной и устойчивой [2].

Целью исследования является построение и применение инновационного рейтинга регионов страны в отрасли РЭП.

В настоящей работе проводится построение и применения инновационного рейтинга регионов страны, имеющих отрасль РЭП. Классические статистические подходы имеют ряд недостатков, сказывающихся на точности прогнозов развития, а, следовательно, и адекватности присваиваемых рейтингов. По нашему мнению, технологии машинного обучения позволяют во многом решить задачу повышения точности прогнозов будущего развития регионов. Одной из таких технологий является «случайный лес» (Random Forest, RF).

Случайный лес обладает рядом преимуществ по сравнению с другими технологиями машинного обучения:

1. Для входных данных не требуется их стандартизация.
2. Входные данные не нужно самостоятельно разбивать на обучающую и тестовую выборки.
3. Случайный лес не склонен к переобучению, за исключением случаев сильно зашумленных данных.

При этом данная технология имеет и недостатки:

1. Входные параметры не должны быть коррелированными между собой.
2. В случае сильно зашумленных данных приходится выполнять подрезку решающих деревьев, чтобы избежать переобучения алгоритма.

Имеются также другие преимущества и недостатки случайного леса. Мы лишь перечислили основные из них.

Обсудим тогда последние достижения технологии случайного леса, а также проиллюстрируем широкие возможности применения данного алгоритма в различных областях научного знания.

Ансамблевые методы, такие как случайный лес, хорошо работают с многомерными наборами данных. Однако, когда количество признаков чрезвычайно велико по сравне-

нию с количеством выборок, а процент действительно информативных признаков очень мал, производительность традиционного случайного леса значительно снижается. С этой целью Д. Гош и Дж. Кабрера разработали новый подход, который повышает производительность традиционного случайного леса за счет уменьшения вклада деревьев, узлы которых заполнены менее информативными признаками [3].

С. Тиянга, Р. Дж. Талагала и Г. А. Хиндмен используют случайный лес для определения лучшего метода прогнозирования с использованием только функций временных рядов [4].

Система оценивается с использованием временных рядов соревнований M1 и M3 и показывает, что она дает точные прогнозы, сравнимые с некоторыми эталонными показателями и другими широко используемыми автоматизированными подходами прогнозирования временных рядов. Ключевым преимуществом предлагаемой авторами структуры является то, что трудоемкий процесс создания классификатора выполняется до решения текущей задачи прогнозирования.

Деревья решений, используемые для построения случайного леса, могут иметь низкую точность классификации или высокую корреляцию, что влияет на комплексную производительность случайного леса. Стремясь решить эти проблемы, в Ж. Сан и др. предложили улучшенный случайный лес, основанный на точности классификации и измерении корреляции деревьев решений [5].

Уделяя особое внимание задачам классификации, М. Сиппер и Дж. Г. Мур провели обширные эксперименты с сохранением случайных лесов, включая 5 методов выращивания (включая представленный авторами новый – лексигарден), 6 источников наборов данных и 31 набор данных [6].

Ученые показали, что значительного улучшения можно достичь, используя модели, которыми в любом случае уже располагаем, и предусматриваем возможность создания хранилищ моделей (а не просто наборов данных, решений или кода), которые можно было бы сделать доступными для всех, тем самым способствуя развитию данных и вычислительной науки.

Т. Суреш и др. [7] предложили гибридную модель для прогнозирования заболеваний сердца с использованием случайного леса и машины опорных векторов [7].

При использовании случайного леса выполняется итеративное исключение признаков для выбора признаков заболеваний сердца, что улучшает прогностический результат машины опорных векторов для прогнозирования заболеваний сердца.

Эксперимент проводился с предлагаемой моделью с использованием тестового набора, и результаты эксперимента, очевидно, доказывают, что производительность предлагаемой гибридной модели лучше по сравнению с отдельной машиной случайного леса и опорных векторов. В целом авторы разработали более точную и вычислительно эффективную модель прогнозирования заболеваний сердца с точностью 98.3%.

Н. М. Абдулкарим и А. М. Абдулазиз процесс создания случайных лесов и статус исследования случайных лесов представили с точки зрения повышения потенциала и показателей эффективности [8].

Б. Лоэф, А. Вонг и Н. А. Г. Янссен использовали случайный лес (RF) для выявления наиболее сильных предикторов из-за его благоприятных показателей прогнозирования в предыдущих исследованиях [9].

Связь между предикторами и исходом визуализировалась с помощью графиков частичной зависимости и накопленных локальных эффектов. Для облегчения интерпретации риски были суммированы, выражая их как средний риск и среднюю тенденцию с

течением времени. Способность модели RF отличать плохие от хороших самооценок здоровья была приемлемой.

С. Вонгвибулсин, К. К. Ву и С. Л. Зегер исследовали новый метод статистики и машинного обучения RF-SLAM, который улучшает прогнозирование рисков за счет включения изменяющейся во времени информации и учета большого количества предикторов, их взаимодействий и пропущенных значений [10].

RF-SLAM предназначен для легкого расширения до одновременного прогнозирования множества конкурирующих событий и/или повторных измерений дискретных или непрерывных переменных с течением времени.

Опираясь на структуру эксперимента и проверки, предложенную в эксперименте COST action VALUE – крупнейшем и наиболее исчерпывающем исследовании методов статистического даунскейлинга на сегодняшний день – М. Н. Легаса и др. ввели и тщательно проанализировали апостериорные случайные леса (AP-RF), в которых используется вся информация, содержащаяся в листьях, позволяет достоверно прогнозировать форму и масштабные параметры гамма-распределения вероятностей осадков в дождливые дни [11].

Т. Ука, Г. Йохно и К. Накамото использовали два аналитических метода для сравнения прогностической способности: RF как новую модель и многомерную логистическую регрессию (MLR) как традиционную модель [12].

Авторы также создали модели, исключив значения изменений, чтобы определить, оказало ли это положительное влияние на прогнозы. Кроме того, в RF-анализе рассчитывалась важность переменных, а в MLR-анализе рассчитывались стандартные коэффициенты регрессии для идентификации предикторов. Модель RF показала более высокую прогностическую способность изменения HbA1c, чем MLR во всех моделях. RF-модель, включающая значения изменений, показала наибольшую предсказательную силу.

В работе Й. Гуо и др. используются методы NLP и разработка функций, а также случайный лес для идентификации слухов для достижения точной идентификации и прогнозирования слухов [13].

Исследования показали, что слухи на платформе *Weibo* можно точно идентифицировать. Путем точного выявления слухов это исследование направлено на снижение вредного воздействия слухов и предоставление обществу информации.

Дж. Клусовски возвратился к исторически важной модели случайного леса, называемой центрированными случайными лесами, первоначально предложенной Брейманом в 2004 году и позже изученной Жераром Био в 2012 году, где объект выбирается случайным образом, а расщепление происходит в средней точке узла вдоль выбранного объекта [14].

Более того, путем детального анализа ошибок аппроксимации и оценки для линейных моделей автор показал, что полученную новую скорость в целом невозможно улучшить. Наконец, Дж. Клусовски улучшил текущие границы ошибок прогнозирования для другой модели случайного леса, называемой медианными случайными лесами, в которой каждое дерево строится на основе подвыборки данных, а разбиение выполняется по эмпирической медиане вдоль выбранного признака.

М. А. Хасан Далфи, С. Чабоуни и А. Фахфах предложили инновационную методологию обнаружения рака молочной железы, основанную на машинном обучении, которая использует алгоритм случайного леса с помощью выбора функций [15].

Рамки исследования включают в себя передовые методы выбора признаков, такие как коэффициент инфляции дисперсии (VIF), выбор признаков на основе модели, рекурсивное исключение признаков и одномерный выбор признаков, для извлечения весьма релевант-

ных признаков и выявления скрытых закономерностей, связанных с опухолями.

1. Модель

Основная идея представленной далее модели заключается в том, что инновационный рейтинг регионов страны строится по трем целевым функциям:

- 1) объем инновационных товаров (всего) (млн руб.),
- 2) разработанные передовые производственные технологии (всего) (ед.),
- 3) сальдированный финансовый результат (информатизация и связь) (млн руб.).

Таким образом, хотя рейтинг строится для отрасли РЭП, он также характеризует, как данная отрасль влияет на инновационное развитие и других отраслей промышленности – по целевым функциям 1 и 2. В этом заключается его преимущество.

Сам инновационный рейтинг подразумевает деление регионов на три класса: *A* – регионы-лидеры, *B* – регионы со средним уровнем инновационного развития, *C* – депрессивные регионы.

Построение и применение обозначенного инновационного рейтинга регионов подразумевает применение машинного обучения, а именно, решение задачи классификации с использованием технологии случайного леса, а далее верификация полученных рейтингов на данных нового периода наблюдения с целью определения по регионам-лидерам сегментов входных переменных модели. Эти сегменты являются плановыми показателями для того, чтобы в дальнейшем определить, будет ли регион иметь инновационный рейтинг *A*. Это поможет государственным структурам определять, какие регионы следует поддерживать в их инновационном развитии.

На рис. 1 подробно представлены этапы построения и применения инновационного рейтинга регионов с использованием технологии случайного леса.

Этап 1 – сбор, корректировка на инфляцию и стандартизация необходимых для анализа данных. На данном этапе с сайта Федеральной службы государственной статисти-

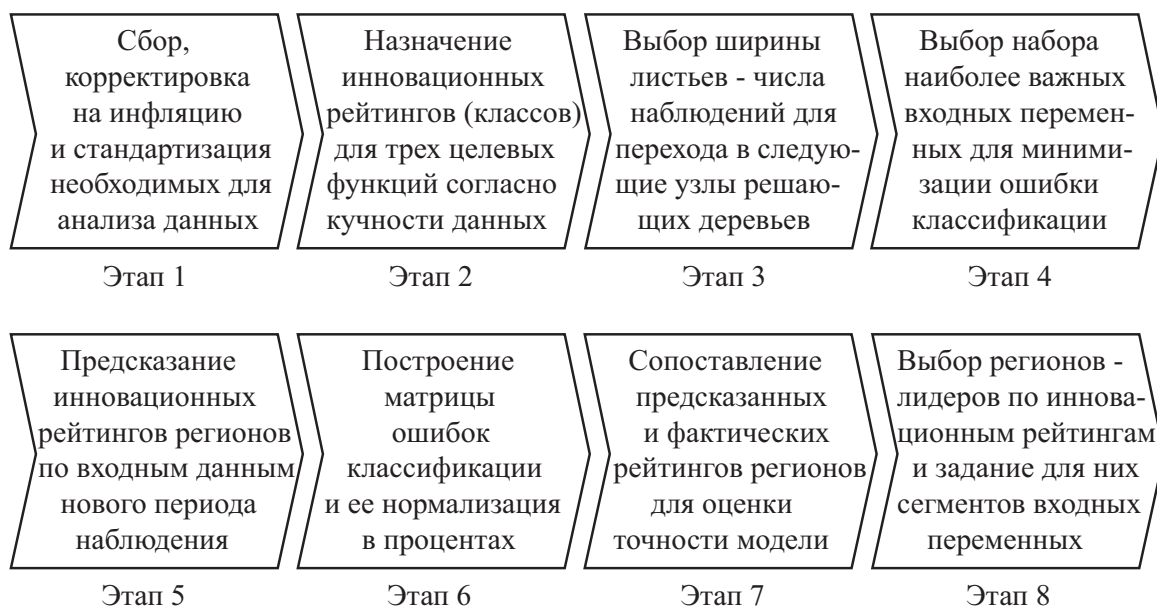


Рис. 1: Этапы построения и применения инновационного рейтинга регионов с использованием технологии случайного леса.

Fig. 1: Stages of building and applying an innovative rating of regions using random forest technology.

ки (www.gks.ru) собираем необходимые нам данные за период с 2010 по 2022 гг. о следующих входных переменных и целевых функциях по 83 регионам России:

- 1) вход 1 – стоимость основных фондов (ОФ) (информатизация и связь) (млн руб.) (x_1);
- 2) вход 2 – ввод в действие основных фондов (ОФ) (информатизация и связь) (млн руб.) (x_2);
- 3) вход 3 – степень износа основных фондов (ОФ) (информатизация и связь) (%) (x_3);
- 4) вход 4 – оборот организаций (информатизация и связь) (млрд руб.) (x_4);
- 5) вход 5 – затраты на внедрение и использование цифровых технологий (всего) (млн руб.) (x_5);
- 6) вход 6 – внутренние текущие затраты на НИР (фундаментальные исследования) (млн руб.) (x_6);
- 7) вход 7 – внутренние текущие затраты на НИР (прикладные исследования) (млн руб.) (x_7);
- 8) вход 8 – внутренние текущие затраты на НИР (разработки) (млн руб.) (x_8);
- 9) вход 9 – затраты на инновационную деятельность (всего) (млн руб.) (x_9);
- 10) вход 10 – используемые передовые производственные технологии (всего) (ед.) (x_{10});
- 11) цель 1 – объем инновационных товаров (всего) (млн руб.) (y_1);
- 12) цель 2 – разработанные передовые производственные технологии (всего) (ед.) (y_2);
- 13) цель 3 – сальдированный финансовый результат (информатизация и связь) (млн руб.) (y_3).

В результате получаем матрицу данных размерности $1\,079 \times 13$.

Для того, чтобы данные в рублях были сравнимы между собой в разные годы, их необходимо скорректировать на инфляцию. Для этого используем данные о годовой инфляции с сайта Федеральной службы государственной статистики (www.gks.ru). Таким образом, получаем данные в ценах последнего 2022 г.

Для реализации алгоритма случайного леса нет необходимости стандартизации полученных данных. Однако мы это делаем прежде всего для того, чтобы в дальнейшем было проще назначить инновационные рейтинги (классы) для трех целевых функций.

Этап 2 – назначение инновационных рейтингов (классов) для трех целевых функций согласно кучности данных. В программе *Statistica* строим график распределения стандартизованных данных для каждой целевой функции. Затем по этому графику смотрим, насколько кучно данные распределены в той или иной части графика. Это позволяет определить интервалы, соответствующие каждому из трех рейтингов – *A*, *B*, *C*.

Этап 3 – выбор ширины листьев – числа наблюдений для перехода в следующие узлы решающих деревьев. Обучаем модель на данных с 2010 по 2021 гг. Данные 2022 г. оставляем для верификации обученной модели.

В программе *Matlab* можно реализовать алгоритм случайного леса. Для этого на данном этапе выращиваем разные варианты случайного леса в зависимости от ширины листьев. При этом мы хотим минимизировать ошибку классификации по технологии “out-of-bag” (ООВ). Ошибка ООВ – это средняя ошибка прогнозирования для каждой обучающей выборки x_i , использующая только деревья, которые не имели x_i в своей выборке начальной загрузки.

В итоге выбираем тот вариант ширины листьев, который позволяет получить наименьшую ошибку ООВ при соответствующем количестве выращенных деревьев. Здесь мы фиксируем параметр ширины листьев и количества выращенных деревьев, чтобы использовать их на следующих этапах моделирования.

Этап 4 – выбор набора наиболее важных входных переменных для минимизации ошиб-

ки классификации. Данная процедура является альтернативой анализу корреляционной матрицы. То есть она позволяет выбрать из всего набора входных переменных только те, которые оказывают наибольшее влияние на значение целевой функции (или правильность классификации). При этом выбираются те переменные, которые позволяют уменьшить ошибку ООВ или же получить ее примерно такой же, как в случае использования всего набора переменных.

Этап 5 – предсказание инновационных рейтингов регионов по входным данным нового периода наблюдения. Здесь мы начинаем верификацию полученной модели. Для этого сначала прогнозируем, какой получится рейтинг для каждого из 83 регионов страны в последнем 2022 г. в случае каждой целевой функции. Результат можно получить в виде вероятностей отнесения того или иного региона к соответствующему рейтингу. В итоге выбирается рейтинг с наибольшим значением его вероятности.

Этап 6 – построение матрицы ошибок классификации и ее нормализация в процентах. Данная матрица позволяет сравнить предсказанные значения рейтингов с фактическими. На главной диагонали матрицы отмечаются совпадения предсказаний с фактическими значениями. Чем их больше по сравнению с соседними случаями несовпадений, тем качественнее обученная модель случайного леса.

Эту матрицу также можно нормализовать, чтобы увидеть совпадения и несовпадения предсказаний и фактических значений в процентах. Зачастую это бывает удобнее.

Этап 7 – сопоставление предсказанных и фактических рейтингов регионов для оценки точности модели. Здесь подсчитывается число совпадений предсказанных и фактических рейтингов по всем 83 регионам страны. Затем число совпадений определяем в процентах. Этот результат иллюстрирует точность обученной модели.

Этап 8 – выбор регионов – лидеров по инновационным рейтингам и задание для них сегментов входных переменных. Здесь в 2022 г. сначала выбираем те регионы, у которых наблюдался фактический рейтинг A хотя бы для одной целевой функции. Затем среди полученного набора регионов для каждой входной переменной находим худшее и лучшее значение. Именно эти границы и определяют сегменты входных переменных. Они являются плановыми для того, чтобы в дальнейшем определить, будет ли регион иметь инновационный рейтинг A . Таким образом, на этом последнем этапе мы переходим к непосредственному применению полученных нами инновационных рейтингов регионов.

2. Результаты

Проиллюстрируем построение и применение инновационного рейтинга регионов, используя для этого данные Федеральной службы государственной статистики (www.gks.ru).

Этап 1 – сбор, корректировка на инфляцию и стандартизация необходимых для анализа данных. Проводя указанные для данного этапа процедуры, получаем матрицу данных, представленную в таблице 3.

Этап 2 – назначение инновационных рейтингов (классов) для трех целевых функций согласно кучности данных. Дальнейший анализ опишем на примере цели 1 – объем инновационных товаров (всего) (млн руб.).

График кучности данных (рис. 2), полученный в программе *Statistica*, позволяет определить интервалы для каждого рейтинга:

- 1) рейтинг A – интервал стандартизованных значений $(1; +\infty)$;
- 2) рейтинг B – полуинтервал стандартизованных значений $(-0.4; 1]$;
- 3) рейтинг C – интервал стандартизованных значений $(-\infty; -0.4]$.

Этап 3 – выбор ширины листьев – числа наблюдений для перехода в следующие узлы решающих деревьев. Обучая модель случайного леса для цели 1 в программе *Matlab*, получаем, что наименьшая ошибка ООВ получается в случае ширины листьев 10 и количестве выращенных деревьев 28 (рис. 3, а). Фиксируем полученные параметры, чтобы использовать их на следующих этапах моделирования.

Этап 4 – выбор набора наиболее важных входных переменных для минимизации ошибки классификации. На рис. 3, б видно, что наиболее важные входные переменные, которые оказывают наибольшее влияние на правильность классификации, это переменные 8–10. Однако, постепенно добавляя все остальные переменные в модель, мы можем получить наименьшее значение ошибки ООВ (рис. 4, а). То есть используем все 10 входных переменных.

Таблица 1: Данные для построения инновационного рейтинга регионов.

Table 1: Data for constructing an innovation rating of regions.

Регион	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Вход 6	Вход 7	Вход 8
2010								
1.Белгородская область	-0.2972	-0.2499	-1.138	-0.1493	-0.1325	-0.2175	-0.1844	-0.2689
2.Брянская область	-0.2377	-0.2045	-0.0984	-0.1013	-0.1535	-0.2479	-0.2306	-0.2875
...
83.Чукотский округ	-0.3505	-0.2234	-2.0437	-0.1601	-0.1667	-0.2585	-0.2374	-0.2932
...								

Регион	Вход 9	Вход 10	Цель 1	Рейтинг	Цель 2	Рейтинг	Цель 3	Рейтинг
2010								
1.Белгородская область	-0.2917	-0.4571	-0.3253	'В'	-0.1943	'В'	-0.0717	'В'
2.Брянская область	-0.3722	-0.5152	-0.4006	'С'	-0.31	'С'	-0.1322	'С'
...
83.Чукотский округ	-0.4067	-0.8214	-0.4651	'С'	-0.4257	'С'	-0.1283	'В'
...								

Этап 5 – предсказание инновационных рейтингов регионов по входным данным нового периода наблюдения. В таблице 2 показаны вероятности рейтингов в 2022 г. согласно предсказаниям обученной модели. Рейтинги, имеющие наибольшие вероятности, отражены в колонке “Предсказанный рейтинг”.

Этап 6 – построение матрицы ошибок классификации и ее нормализация в процентах. Нормализованная матрица ошибок классификации показана на рис. 4, б. С наибольшей точностью 93.5% обученная модель предсказывает на новых данных 2022 г. рейтинг В. С наименьшей точностью 71.4% она предсказывает рейтинг А.

Этап 7 – сопоставление предсказанных и фактических рейтингов регионов для оценки точности модели. На основе данных таблицы 2 получается, что модель на новых данных 2022 г. не ошибается в предсказании рейтингов регионов в 72 случаях из 83. То есть точность предсказаний составляет 86.75%. Аналогично для целей 2 и 3 точность предсказаний рейтингов в 2022 г. составляет в обоих случаях 69.88%.

Этап 8 – выбор регионов – лидеров по инновационным рейтингам и задание для них сегментов входных переменных. Предварительно сначала стандартизованные данные переводим обратно в реальные (с учетом инфляции).

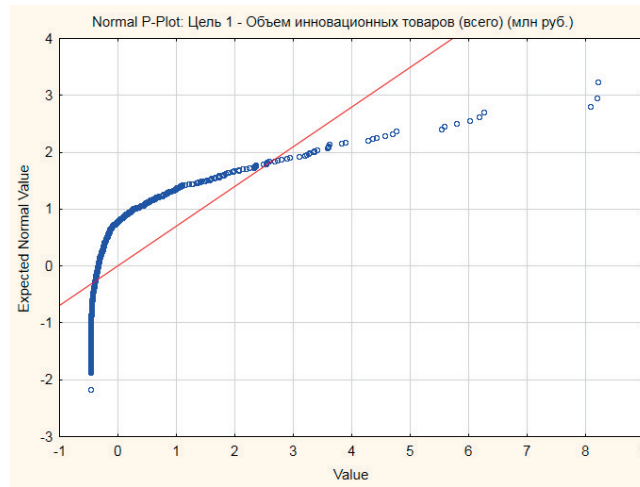


Рис. 2: График кучности данных об объеме инновационных товаров.

Fig. 2: Graph of the accuracy of data on the volume of innovative goods.

В 2022 г. регионы, у которых наблюдался фактический рейтинг *A* хотя бы для одной целевой функции, показаны в таблице 3. Среди полученного набора регионов для каждой входной переменной худшее и лучшее значения отмечены жирным шрифтом. Эти границы определяют сегменты входных переменных, которые являются плановыми для того, чтобы в будущем определить, будет ли регион иметь инновационный рейтинг *A*. При этом входные переменные представлены в ценах 2022 г., что также необходимо учитывать в дальнейшем.

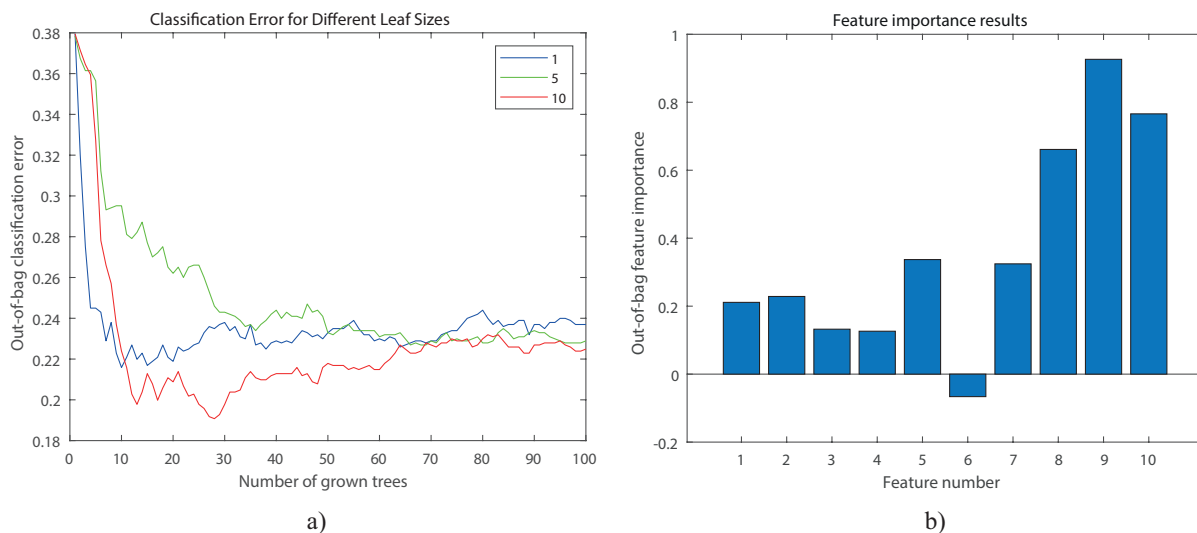


Рис. 3: Обучение случайных лесов с разной шириной листьев решающих деревьев (a); выбор наиболее важных переменных (b).

Fig. 3: Training random forests with different leaf widths of decision trees (a); selecting the most important variables (b).

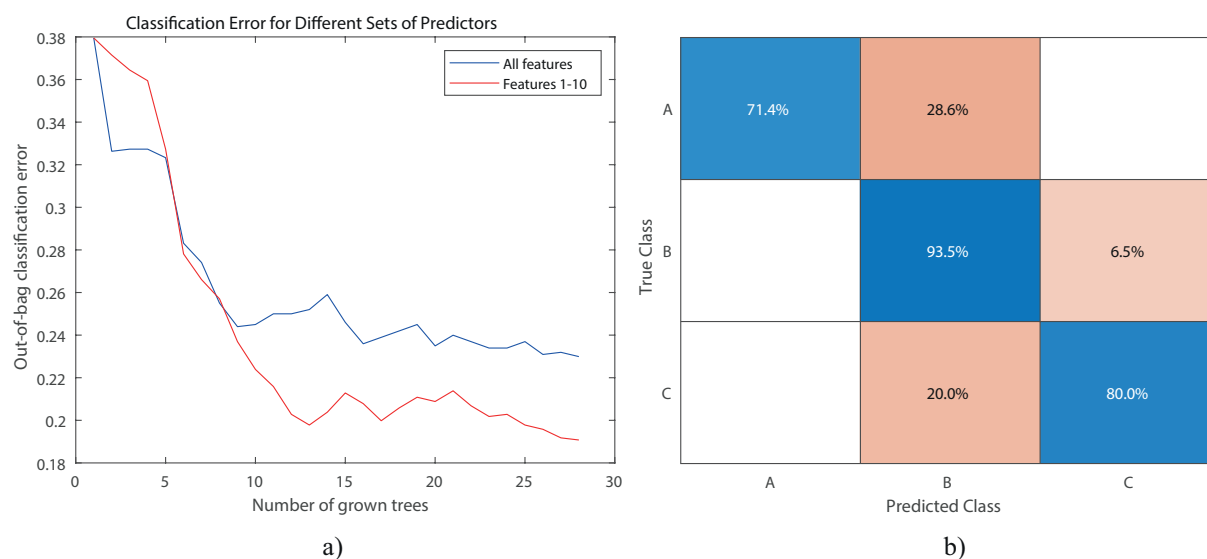


Рис. 4: Ошибка классификации для выбранных наиболее важных переменных (а); нормализованная матрица ошибок классификации (b).

Fig. 4: Classification error for selected most important variables (a); normalized classification error matrix (b).

Таблица 2: Предсказанные и фактические рейтинги регионов в 2022 г.

Table 2. Predicted and actual ratings of regions in 2022.

Номер наблюдения	Предсказанный рейтинг	Вероятность рейтинга A	Вероятность рейтинга B	Вероятность рейтинга C	Фактический рейтинг
997	'B'	0.066	0.754	0.18	'B'
998	'B'	0.046	0.552	0.403	'B'
...
1079	'C'	0.037	0.42	0.543	'C'

Таблица 3: Выбор регионов-лидеров по инновационным рейтингам и задание для их сегментов входных переменных.

Table 3: Selection of regions-leaders in innovative ratings and setting segments of input variables for them.

Регион	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4	Вход 5	Вход 6	Вход 7	Вход 8
Московский	365433	22955	50	62.4	111899.7	14454.9	43173.8	104884.5
Москва	3176924	460583	57.1	4591.4	2380209	96575	107000.4	278988.4
С.-Петербург	401038	40194	62.4	664.3	271156.4	23307.5	27564	96864
Краснодарский	181561	13539	67.9	19.6	37893.4	3504	3571.5	1155
Татарстан	158605	14626	64.9	98.3	59219.7	3484.3	3729.7	18824.2
Нижегородский	146582	10984	66.1	33.3	36963.9	6669.4	11968.7	64834.2
Свердловский	218889	10627	68.1	53.8	52431.8	6513.4	3783.7	26123.1
Челябинский	88323	5023	69.3	8.1	25657.2	637	1335.1	21336.3
Новосибирский	142988	8600	65	40.5	51105	15509.8	6810.2	8455.8
Худшее значение	88323	5023	69.3	8.1	25657.2	637	1335.1	1155
Лучшее значение	3176924	460583	50	4591.4	2380209	96575	107000.4	278988.4

Регион	Вход 9	Вход 10	Цель 1. Рейтинг. Факт	Цель 1. Рейтинг. Прогноз	Цель 2. Рейтинг. Факт	Цель 2. Рейтинг. Прогноз	Цель 3. Рейтинг. Факт	Цель 3. Рейтинг. Прогноз
Московский	205693.1	17461	'А'	'А'	'А'	'А'	'В'	'А'
Москва	722407.5	15131	'А'	'А'	'А'	'А'	'А'	'А'
С.-Петербург	145751.9	13338	'А'	'А'	'А'	'А'	'А'	'А'
Краснодарский	36550.6	5436	'В'	'В'	'А'	'В'	'В'	'В'
Татарстан	258177	7264	'А'	'А'	'А'	'В'	'В'	'В'
Нижегородский	142304.8	8584	'А'	'А'	'В'	'В'	'А'	'В'
Свердловский	50644	14218	'А'	'В'	'А'	'В'	'В'	'В'
Челябинский	36929	7470	'А'	'В'	'А'	'В'	'С'	'В'
Новосибирский	17648.8	3714	'В'	'В'	'В'	'В'	'А'	'В'
Худшее значение	17648.8	3714						
Лучшее значение	722407.5	17461						

Заключение

1. Инновационный рейтинг регионов страны строится по трем целевым функциям: 1) объем инновационных товаров (всего) (млн руб.), 2) разработанные передовые производственные технологии (всего) (ед.), 3) сальдированный финансовый результат (информатизация и связь) (млн руб.). Таким образом, хотя рейтинг строится для отрасли РЭП, он также характеризует, как данная отрасль влияет на инновационное развитие и других отраслей промышленности – по целевым функциям 1 и 2. В этом заключается его преимущество.
2. Сам инновационный рейтинг подразумевает деление регионов на три класса: *A* – регионы-лидеры, *B* – регионы со средним уровнем инновационного развития, *C* – депрессивные регионы.
3. Построение и применение обозначенного инновационного рейтинга регионов подразумевает применение машинного обучения, а именно, решение задачи классификации с использованием технологии случайного леса, а далее верификация полученных рейтингов на данных нового периода наблюдения с целью определения по регионам-лидерам сегментов входных переменных модели. Эти сегменты являются плановыми показателями для того, чтобы в дальнейшем определить, будет ли регион иметь инновационный рейтинг *A*.
4. Точность предсказаний рейтингов регионов по объему инновационных товаров (всего) с помощью модели, обученной с использованием технологии случайного леса, на новых данных 2022 г. составляет 86.75%. Аналогично для разработанных передовых производственных технологий (всего) и сальдированного финансового результата (информатизация и связь) точность предсказаний рейтингов в 2022 г. составляет в обоих случаях 69.88%.

Полученные результаты могут быть полезны государственным структурам для определения, какие регионы следует поддерживать в их инновационном развитии отрасли радиоэлектронной промышленности и других отраслей промышленности.

Признательность: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24–28–00464).

Библиографический список

1. Доброва К.Б., Сахненко С.С. Предприятия радиоэлектронной промышленности в структуре высокотехнологичного сектора экономики // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2022. – Т. 12. – №. 10–1. – С. 240–246. EDN: ZZLKN0.
2. Shi W.L. Industrial Electronics: Its Importance in the Manufacturing Industries // J Ind Electron Appl. – 2023. – Vol. 7 (1).
3. Ghosh D., Cabrera J. Enriched Random Forest for High Dimensional Genomic Data // ACM Journals: IEEEACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics. – 2022. – Vol. 19. – no. 5. – pp. 2817–2828. DOI: 10.1109/TCBB.2021.3089417.
4. Talagala T.S., Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Meta-learning how to forecast time series // Journal of Forecasting. – 2023. – Vol. 42. – no. 6. – pp. 1476–1501. DOI: 10.1002/for.2963.
5. Sun Zh., Wang G., Li P., Wang H., Zhang M., Liang X. An improved random forest based on the classification accuracy and correlation measurement of decision trees // Expert Systems with Applications. – 2024. – Vol. 237. – Part B. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.121549.
6. Sipper M., Moore J.H. Conservation machine learning: a case study of random forests // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11. – pp. 3629. DOI: 10.1038/s41598-021-83247-4.

7. Tamilarasi S., Tsehay A.A., Subhashni R., Napa Komal K. A hybrid approach to medical decision-making: diagnosis of heart disease with machine-learning model // *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. – 2022. – Vol. 12. – no. 2. – pp. 1831–1838. DOI: 10.11591/ijece.v12i2.pp1831-1838.
8. Abdulkareem N.M., Abdulazeez A.M. Machine Learning Classification Based on Radom Forest Algorithm: A Review // *International Journal of Science and Business, IJSAB International*. – 2021. – Vol. 5 (2). – pp. 128–142.
9. Loef B., Wong A., Janssen N.A.H., Strak M., Hoekstra J., Picavet H.S.J., Boshuizen H.H.C., Verschuren M.W.M., Herber G.–C.M. Using random forest to identify longitudinal predictors of health in a 30-year cohort study // *Sci Rep*. – 2022. – Vol. 12 (1). – pp. 10372. DOI: 10.1038/s41598-022-14632-w.
10. Wongvibulsin S., Wu K.C., Zeger S.L. Clinical risk prediction with random forests for survival, longitudinal, and multivariate (RF–SLAM) data analysis // *BMC Medical Research Methodology*. – 2020. – Vol. 20(1). DOI: 10.1186/s12874-019-0863-0.
11. Legasa M.N., Manzanas R., Calvino A., Gutierrez J.M. A Posteriori Random Forests for Stochastic Downscaling of Precipitation by Predicting Probability Distributions // *Water Resources Research*. – 2022. – Vol. 58. – no. 4. DOI: 10.1029/2021WR030272.
12. Ooka T., Johno H., Nakamoto K., Yoda Y., Yokomichi H., Yamagata Z. Random forest approach for determining risk prediction and predictive factors of type 2 diabetes: large-scale health check-up data in Japan // *BMJ Nutr Prev Health*. – 2021. – Vol. 4 (1). – pp. 140–148. DOI: 10.1136/bmjnph-2020-000200.
13. Guo Y., Jia Ch., Wu Ch., Tu Y. Social Media Rumor Identification Based on Random Forest Classification and Feature Engineering: Case Study on Weibo Platform: Social Media Rumor Identification Based on Random Forest Classification // *Proceedings of the 7th International Conference on Big Data and Computing (ICBDC '22)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2022. – pp. 109–118. DOI: 10.1145/3545801.3545817.
14. Klusowski J.M. Sharp Analysis of a Simple Model for Random Forests // *Proceedings of The 24th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*. In: *Proceedings of Machine Learning Research*. – 2021. – Vol. 130. – pp. 757–765. URL: <https://proceedings.mlr.press/v130/klusowski21b.html>.
15. Hasan Dalfi M.A., Chaabouni S., Fakhfakh A. Breast Cancer Detection Using Random Forest Supported by Feature Selection // *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. – 2023. – Vol. 12. – no. 2s. – pp. 223–238. URL: <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/3575>.

Construction and application of innovative rating of regions using random forest technology

S. N. Yashin, N. I. Yashina, E. V. Koshelev

Lobachevsky State University, 23, Gagarin avenue, Nizhny Novgorod, 603022, Russia.

Abstract

The published article is devoted to the urgent problem of developing models for constructing and applying an innovative rating of the country's regions that have a radio-electronic industry (REP) branch. To overcome a number of shortcomings of known classical statistical approaches to improve the accuracy of forecasting the development of the REP industry and the adequacy of the ratings assigned to it. A version of the machine learning technology "random forest" has been developed and applied, increasing the accuracy of forecasting the development of the REP industry. The obtained ratings have been verified using data from a new observation period in order to determine the leading regions of the segments of the model's input variables.

Keywords: radio electronics industry; innovation rating; classification problem; random forest.

Received: Saturday 12th October, 2024 / Revised: Monday 11th November, 2024 /
Accepted: Wednesday 11th December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Acknowledgments: The research was funded by the Russian Science Foundation (project No. 24-28-00464).

References

1. Dobrova K.B., Sakhnenko S.S. Enterprises of the radio-electronic industry in the structure of the high-tech sector of the economy // Economy: yesterday, today, tomorrow. – 2022. – Vol. 12. – No. 10–1. – pp. 240–246. EDN: ZZLKN0. (In Russ.)

Regional and Sectoral Economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓙ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Yashin S. N., Yashina N. I., Koshelev E. V. Construction and application of innovative rating of regions using random forest technology, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 187–201. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-187-201> (In Russian).


Authors' Details:

Sergey N. Yashin  <http://orcid.org/0000-0002-7182-2808>

Doctor of Economics, Professor; Head of Department of Management and Public Administration; e-mail: jashinsn@yandex.ru

Nadezhda I. Yashina  <http://orcid.org/0000-0002-0630-7949>

Doctor of Economics, Professor; Head of Department of Finance & Credit; e-mail: yashina@iee.unn.ru

Egor V. Koshelev  <http://orcid.org/0000-0001-5290-7913>

Candidate of Economics, Associate Professor; Associate Professor of Department of Management and Public Administration; e-mail: ekoshelev@yandex.ru

2. Shi W.L. Industrial Electronics: Its Importance in the Manufacturing Industries // *J. Ind. Electron Appl.* – 2023. – Vol. 7 (1).
3. Ghosh D., Cabrera J. Enriched Random Forest for High Dimensional Genomic Data // *ACM Journals: IEEEACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics.* – 2022. – Vol. 19. – No. 5. – pp. 2817–2828. DOI: 10.1109/TCBB.2021.3089417.
4. Talagala T.S., Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Meta-learning how to forecast time series // *Journal of Forecasting.* – 2023. – Vol. 42. – No. 6. – pp. 1476–1501. DOI: 10.1002/for.2963.
5. Sun Zh., Wang G., Li P., Wang H., Zhang M., Liang X. An improved random forest based on the classification accuracy and correlation measurement of decision trees // *Expert Systems with Applications.* – 2024. – Vol. 237. – Part B. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.121549.
6. Sipper M., Moore J.H. Conservation machine learning: a case study of random forests // *Scientific Reports.* – 2021. – Vol. 11. – pp. 3629. DOI: 10.1038/s41598-021-83247-4.
7. Tamilarasi S., Tsehay A.A., Subhashni R., Napa Komal K. A hybrid approach to medical decision-making: diagnosis of heart disease with machine-learning model // *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE).* – 2022. – Vol. 12. – No. 2. – pp. 1831–1838. DOI: 10.11591/ijece.v12i2.pp1831-1838.
8. Abdulkareem N.M., Abdulazeez A.M. Machine Learning Classification Based on Radom Forest Algorithm: A Review // *International Journal of Science and Business, IJSAB International.* – 2021. – Vol. 5 (2). – pp. 128–142.
9. Loef B., Wong A., Janssen N.A.H., Strak M., Hoekstra J., Picavet H.S.J., Boshuizen H.H.C., Verschuren M.W.M., Herber G.-C.M. Using random forest to identify longitudinal predictors of health in a 30-year cohort study // *Sci Rep.* – 2022. – Vol. 12 (1). – pp. 10372. DOI: 10.1038/s41598-022-14632-w.
10. Wongvibulsin S., Wu K.C., Zeger S.L. Clinical risk prediction with random forests for survival, longitudinal, and multivariate (RF-SLAM) data analysis // *BMC Medical Research Methodology.* – 2020. – Vol. 20 (1). DOI: 10.1186/s12874-019-0863-0.
11. Legasa M.N., Manzanar R., Calvino A., Gutierrez J.M. A Posteriori Random Forests for Stochastic Downscaling of Precipitation by Predicting Probability Distributions // *Water Resources Research.* – 2022. – Vol. 58. – No. 4. DOI: 10.1029/2021WR030272.
12. Ooka T., Johno H., Nakamoto K., Yoda Y., Yokomichi H., Yamagata Z. Random forest approach for determining risk prediction and predictive factors of type 2 diabetes: large-scale health check-up data in Japan // *BMJ Nutr Prev Health.* – 2021. – Vol. 4 (1). – pp. 140–148. DOI: 10.1136/bmjnph-2020-000200.
13. Guo Y., Jia Ch., Wu Ch., Tu Y. Social Media Rumor Identification Based on Random Forest Classification and Feature Engineering: Case Study on Weibo Platform: Social Media Rumor Identification Based on Random Forest Classification // *Proceedings of the 7th International Conference on Big Data and Computing (ICBDC '22).* Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2022. – pp. 109–118. DOI: 10.1145/3545801.3545817.
14. Klusowski J.M. Sharp Analysis of a Simple Model for Random Forests // *Proceedings of The 24th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics.* In: *Proceedings of Machine Learning Research.* – 2021. – Vol. 130. – pp. 757–765. URL: <https://proceedings.mlr.press/v130/klusowski21b.html>.
15. Hasan Dalfi M.A., Chaabouni S., Fakhfakh A. Breast Cancer Detection Using Random Forest Supported by Feature Selection // *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering.* – 2023. – Vol. 12. – No. 2s. – pp. 223–238. URL: <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/3575>.

УДК 005.8

Применение гибких проектных технологий в условиях геополитического кризиса: отраслевой и региональный аспекты

Т. В. Алайцева, Ю. И. Ряжева

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Россия, 443086, Самара, ул. Московское шоссе, д. 34.

Аннотация

В публикуемой статье рассматриваются различные аспекты эффективного использования проектного подхода в форме гибких методов проектного управления. Для исследований применены анализ, синтез, системный метод, обобщение теоретического материала и фактических данных, отражающих применение гибких проектных технологий. Выделены отраслевой бизнес-аспект и региональный аспект, отражающий практику применения гибких методов управления проектами в Самарской области. Установлена связь процесса разработки и реализации организационных стратегий с необходимостью повышения мотивации участников проектных команд.

Ключевые слова: VUCA-мир; гибкие технологии управления; изменчивость; неопределенность; Agile; Scrum; Канбан; Lean; гибридные методы.

Получение: 23 сентября 2024 г. / Исправление: 23 октября 2024 г. /

Принятие: 22 ноября 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Менеджмент (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Ⓙ © ⓘ Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Алайцева Т. В., Ряжева Ю. И. Применение гибких проектных технологий в условиях геополитического кризиса: отраслевой и региональный аспекты // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 202–212. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-202-212>.

Сведения об авторах:

Татьяна Васильевна Алайцева  <http://orcid.org/0009-0008-3408-2231>

к.э.н., доцент; доцент кафедры общего и стратегического менеджмента; e-mail: alaytv@gmail.com

Юлия Ивановна Ряжева  <http://orcid.org/0009-0008-1901-2577>

к.э.н., доцент; доцент кафедры общего и стратегического менеджмента; e-mail: ryazheva_yulia@mail.ru

Введение

Современный мир погрузился в новую реальность, в которой существующие ранее подходы не дают должного результата.

Наступил период глобальной неопределенности, который специалисты называли VUCA-мир, согласно которой мир обладает четырьмя качествами: изменчивость, неопределенность, сложность, противоречивость.

В условиях преобладания указанных качеств сегодняшней политики и экономики требуется максимально грамотное и эффективное использование проектного подхода, причем в наиболее современной его форме – гибких методов проектного управления.

В преддверии геополитического кризиса в нашей стране уже начали применяться гибкие технологии.

Сначала гибкие технологии использовались только в IT-сфере, но со временем они стали применяться и в других не технологических сферах.

Применение гибких проектных технологий в бизнес-организациях различных отраслей и в системе регионального управления позволяет снизить негативные эффекты сложной геополитической обстановки. Позитивный опыт применения методов гибкого проектного управления позволит выявить факторы повышения эффективности деятельности в различных сферах жизнедеятельности.

Новое поколение совершило эволюционный скачок в своем развитии и уже не может эффективно использовать прежние модели ведения бизнеса. Особое значение для них имеет свобода творчества, осмысленность деятельности, достижение успеха возможно только с применением гибких технологий.

Научная новизна исследования заключается в предложении инновационного подхода, позволяющего совместить гибкость и адаптивность с жестко регламентированными процессами.

Практическая значимость работы состоит в том, что выделении отраслевого бизнес-аспекта и регионального аспекта, отражающего практику применения гибких методов управления проектами в различных сферах деятельности.

Целью данного исследования является изучение особенностей Agile в России и обоснование трансформации бизнеса во времена радикальных перемен. С учетом поставленной цели определим основные задачи исследования, заключающиеся в определении содержания гибких технологий, проведении анализа сфер применения Agile в России за 2019–2022 гг. и прогнозировании дальнейшего развития гибких технологий в России.

Ход исследования

VUCA-мир – это: изменчивость, неопределенность, сложность, противоречивость (англ.: V – volatility, U – uncertainty, C – complexity, A – ambiguity).

Под изменчивостью понимается быстрая и непредсказуемая смена событий, происходящих в стране, регионе, организации и мире. Последние несколько лет являются образцом нестабильности, например, в ресурсном обеспечении проектов.

Регулярно вводимые санкции приводят к тому, что меняются поставщики, параметры и спецификации товаров, цены и условия поставки. Также для производимой или поставляемой продукции изменяются приоритеты в распределении по отраслям и сферам в соответствии с общегосударственными интересами.

Одной из постоянных задач проектного управления становится приспособление к изменениям [1].

Неопределенность – это качество, обозначающее, что будущее системы или события является неизвестным. Очень часто неопределенность называют вместе с риском (рисками), исследуют их в одной плоскости, иногда их влияние и уровень опасности отождествляют. В реальности же это – факторы разного порядка.

Риски могут быть очень опасными и тяжелыми по последствиям, но риск может быть просчитан, предсказан, поддается управлению. При этом неопределенность это – явление непредсказуемое, а, значит, неуправляемое.

В случае неопределенности практически невозможны превентивные воздействия, а успех в работе с факторами неопределенности зависит от накопленных знаний, отработанных действий, умения быстро и точно реагировать.

Этому элементу VUCA-мира придается особое значение, поскольку проблемы проектного подхода зачастую связаны с внезапно возникающими новыми явлениями и событиями, нарушающими запрограммированный ход проектного процесса.

Классический стадийный подход с уже утвержденным графиком проекта в этом случае не является эффективным, а жесткое следование проектным параметрам множит проблемы и ведет к бессмысленному расходованию ресурсов. Лучше стоять на месте, чем двигаться в неправильном направлении.

Еще одним качеством является сложность – характеристика систем, в которых действуют одновременно различные движущие силы, факторы, и не всегда можно определить причины и следствия того или иного события.

Противоречивость – это еще одно качество, которое означает наличие неоднозначности, различий в интерпретации событий и явлений. Таким событием для всего мира была пандемия коронавируса в 2020 году.

С одной стороны, пандемия принесла с собой много новых проблем, вызвала огромные человеческие и материальные потери. С другой стороны, были вызваны к жизни новые подходы и технологии, что стимулировало процессы трансформации бизнеса. Постепенно выяснилось, что классическая модель проектного управления так называемого каскадного типа работает все более неоднозначно и с переменным успехом.

Дело в том, что в такой модели наиболее важна четкая последовательность действий, когда следующее вытекает из предыдущего, будучи тесно с ним с ним связанным. Начинается работа над одним этапом и одним определенным видом работ, затем, по завершении, происходит плавный переход к очередному этапу [2].

Предполагалось, что при выявлении проблем происходит необходимая корректировка в условиях активизации работы проектной команды в ходе совещаний. Но, как правило, решение текущих проблем не предполагало принципиальных изменений в осуществлении этапов и требовалось следование графику проекта.

Традиционно считалось, что, если требуются существенные изменения или наступает фаза не регулируемой простыми приемами ситуации неопределенности, то это связано с плохой предварительной работой по организации проекта, формированию команды и пр. В условиях же VUCA-мира описанные ситуации становятся буквально повседневными. А гибкое реагирование и отсутствие закрепленных графиком действий на весь период проекта становятся нормой.

В описанных ситуациях, характерных не только для изменчивых, например, высокотехнологичных отраслей бизнеса, но и для еще недавно стабильных сфер деятельности, в том числе непроизводственной, Agile становится практически единственной философией и технологией, которая может дать бизнесу ответы на все вызовы.

Как в любой нестабильной ситуации, резко возрастает роль человеческого фактора,

быстрых и точных решений, базирующихся на многовариантности.

Agile – это итеративные и инкрементальные подходы к управлению проектами, которые фокусируются на адаптации к изменениям и сотрудничестве. Так называемый Манифест Agile провозглашает, что люди и их взаимодействие между собой приоритетнее, чем процессы и инструменты.

Особая роль человеческого фактора не исключает роль этой проектной технологии как средства экономии ресурсов. А готовность к изменениям – или гибкость – важнее изначального плана.

Данная методология предлагает универсальные принципы, которые подойдут любой команде практически в любой сфере деятельности [3].

Следует отметить, что Agile невозможно применить просто и однозначно, как математическую формулу. Философией эту технологию называют и за ее антибюрократический характер, устраняющий множество разрешений и согласований.

Данная проектная технология не запрещает по мере необходимости и внепланово брать в работу внезапно возникшие задачи, перераспределять усилия на их быстрое выполнение, своевременно и точно фиксировать и оценивать результаты [4].

Дополняя Agile и пересекаясь с этим подходом, на практике популярностью пользуются такие варианты гибкой модели, как: Scrum, Kanban, Lean. Приведем их краткую, но необходимую в контексте данного материала характеристику.

Scrum – это метод проектного управления, при котором руководитель ставит главную цель проекта и составляет список задач, которые к ней приблизят. Иначе – бэклог, или можно назвать его «банком задач».

Затем задачи ранжируются по приоритетности. Далее задачам устанавливаются сроки, к которым их нужно закрыть, чтобы приблизиться к цели. Согласно срокам эти задачи выполняются в тот или иной период времени (спринт), тем самым формируя уже бэклог спринта, то есть список задач на этот самый отрезок времени [5].

В методологии Scrum принято работать спринтами от 1 недели до 1 месяца, с регулярными собраниями, на которых могут корректироваться цели, задачи и сроки их выполнения.

Scrum подойдет, если перед сотрудниками стоит задача сделать продукт, но у них много неопределенности. Например, они не понимают, сколько там должно быть функций и будет ли вообще этот продукт востребован.

В этих условиях наилучший вариант – делать работу спринтами и в конце каждого спринта иметь готовый продукт. Так команда может регулярно показывать то, что делает, вносить изменения и, если это потребует, даже отказаться от проекта [6].

Одной из главных черт метода является соблюдение баланса (равенства, гармонии). Главная задача при таком подходе – сделать так, чтобы все работали одинаково: одни не сидели без дела, а другие не перегружались.

Важнейшим элементом применения метода Kanban являются Kanban-доски. Суть досок в том, что они состоят из колонок, каждая из которых обозначает этап работы над проектом. В каждой колонке – свои задачи, например «К работе», «В работе», «На паузе» и «Готово». Статусы могут быть разными и зависят от отрасли [7].

Kanban, в свою очередь, хорош, когда изменения в план работ нужно вносить быстро, не дожидаясь следующих спринтов. Также Kanban хорошо подходит, когда у команды есть регулярный поток задач – например, от нескольких заказчиков, а не один большой продукт.

У Kanban-команды ключевой показатель эффективности – среднее время, за которое

задача перемещается по доске. Чем оно короче, тем лучше работает команда. В этом смысле методология Kanban дает больше свободы командам разработки, здесь отсутствует микроменеджмент, команда работает сообща на достижение конкретных промежуточных целей и их выполнения, роли в ней могут меняться в процессе.

Такой подход требует максимально высокой самоорганизации каждого участника команды, так как за результат отвечают все вместе.

Scrum в основном используется в разработке ПО, но подходит и производствам. А вот Kanban, хотя и появился на производстве, сегодня чаще всего применяется в IT, а еще в маркетинге, строительстве, медиабизнесе и рекрутинге [8]

Методология Lean фокусируется на минимизации потерь и максимизации ценности для клиента. Применяет принципы бережливого производства к управлению проектами.

Принципы бережливого производства основаны на устранении всего, что не добавляет ценности в процессе производства или предоставления услуг. Основные принципы бережливого производства включают:

1. Определение ценности с точки зрения клиента. Это является непростой задачей для маркетологов, так как то, что для одного клиента может быть ценным, для другого может не иметь никакого значения. Бизнес должен прилагать максимум усилий к тому, чтобы создать и доставить ценность через свой продукт или услугу до клиента.
2. Определение потока создания ценности. После определения ценности необходимо определить все шаги, необходимые для её создания, от начала до конца. Это включает в себя все процессы, от получения сырья до доставки готового продукта клиенту.
3. Обеспечение бесперебойного потока. Основное предназначение этого принципа заключается в устранении всех препятствий и задержек в потоке создания ценности. Это включает в себя оптимизацию процессов, устранение лишних запасов, сокращение времени обработки и т.д.
4. Создание потока по запросу (pull system). Вместо производства больших партий продукции «на склад», бережливое производство предполагает создание только того, что точно необходимо и когда это необходимо. Это достигается с помощью системы «вытягивания» (pull system), где производство запускается только после получения заказа от клиента.
5. Стремление к совершенству. Бережливое производство – это непрерывный процесс улучшения. Необходимо постоянно искать способы оптимизации процессов, устранения потерь и повышения эффективности [9].

Таким образом, отметим, что методология Lean помогает оптимизировать задачи, процессы и работу проектной команды. Agile в России используется во многих сферах деятельности, хотя проникновение и уровень зрелости могут различаться [10].

Представляется необходимым в данном анализе затронуть и отраслевой аспект применения гибких проектных технологий. Основываясь на результатах исследований компании ScrumTrek, можно провести сравнительный анализ и на его основе сделать вывод, что Agile используется в таких областях как: IT-сфера, финансы, торговля, производство, телекоммуникация, государственные структуры, образование, транспорт.

В таблице 1 приведены данные по сферам деятельности участников, принимающих участие в исследовании «Agile в России» за период с 2019 по 2022гг. [11].

По данным, представленным в таблице 1, можно сказать, что на протяжении всего анализируемого периода лидирующей сферой применения гибких методов является IT, банковский сектор также активно движется в данном направлении.

Таблица 1: Сферы применения Agile в России за 2019–2022 гг.

Table 1: Areas of Agile application in Russia for 2019–2022.

Сферы деятельности участников, применяющих Agile	Период			
	2019	2020	2021	2022
IT-сфера	41	42	33	34
Финансы	25	18	33	34
Торговля	5	7	9	6,5
Телекоммуникация	4.4	5	3.8	5
Энергетика	3.6	3.2	2.1	4.7
Промышленность	4.5	8	4.2	4.5
Консалтинг	-	2.8	3	3
Государственные услуги	-	-	-	1.5
Образование	-	-	1.9	1.2
Транспорт/логистика	-	-	-	1
Здравоохранение	-	-	2.2	-
Другие	-	15	-	-

После 2020 года внедрение Agile в российских компаниях в разных сегментах бизнеса только увеличилось. Представленные данные указывают на то, что 2022 г. уже стабильно присутствуют такие сферы, как торговля (6.5%), энергетика и промышленность по 4.5%, консалтинг (3%), гос. услуги 1.5%, образование 1%, транспорт и логистика (1%) [12].

Основываясь на представленной информации, можно спрогнозировать, что в дальнейшем Agile будет применяться в производстве, маркетинге, операционном менеджменте, при разработке стратегий.

Эта проектная технология может быть успешно применена везде, где требуется гибкость, прозрачность процессов и наглядность результатов, причем как для членов самой проектной группы, так и для идеолога, заказчика или стейкхолдеров проекта.

Примером российских компаний, которые используют в своей деятельности гибкие технологии, являются Яндекс, Сбер, МТС, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова.

Важно отметить, что уровень зрелости Agile-практик в России варьируется. В некоторых компаниях Agile используется эффективно и уже давно, в других – лишь частично или поверхностно. Распространение Agile-методологий сдерживается рядом факторов, включая сопротивление изменениям, недостаток квалифицированных специалистов и отсутствие понимания принципов Agile со стороны руководства.

Но, несомненно, сохранится общая тенденция к все более широкому применению гибких проектных технологий.

На основе анализа внедрения гибких проектных технологий можно сделать вывод о более активном и успешном их внедрении в компаниях, применяющих стратегическое управление. Связано это с тем, что в таких организациях ведутся многовариантные расчеты при выработке стратегических альтернатив.

То есть специалисты стратегической подсистемы вместе с руководством компании заранее ориентируются на разные варианты развития событий, а, значит, имеют опыт анализа различных ситуаций и быстрее и точнее организуют работу при изменениях [13].

Также такие организации имеют значительный опыт работы в условиях неопределен-

ности, поскольку прогнозирование на длительную перспективу всегда содержит большую или меньшую степень непредсказуемости.

Быстрые экстренные решения при изменении условий требуют от таких компаний значительной гибкости и адаптивности, знаний и опыта работы в нестандартных условиях.

Также требуется мотивированная команда, в которой каждый участник – особо ценное звено, а высокое напряжение в работе и высочайшая самоотдача базируются на всех видах личной и групповой заинтересованности.

Можно сделать также вывод, что гибкие технологии управления могут активизировать человеческий капитал и повышать его мотивацию. Следует учесть, что на уровень мотивации влияет то, насколько получаемые результаты соответствуют ожиданиям. На основе данных, полученных в исследовании Agile в РФ за 2022–2023 гг. [12] составлена таблица 2:

Таблица 2: Соответствие ожиданий и полученных результатов от внедрения Agile.

Table 2: Compliance with expectations and results obtained from the implementation of Agile.

Цель внедрения Agile	Ожидаемое улучшение целевого параметра	Достигнутое улучшение целевого параметра
Согласованность бизнеса и ИТ	62%	62%
Управление меняющимися приоритетами	61%	76%
Качество продуктов	54%	53%
Ускорение доставки	51%	60%
Прозрачность	47%	72%
Управление командами	43%	62%

Анализ данных таблицы показывает, что результаты по все параметрам, кроме одного, превзошли ожидания, по одному параметру совпали. Поскольку исследование проводилось в партнерстве с крупной торговой сетью «Магнит», можно сделать вывод, что качество продуктов – это параметр, определяемый не столько торговой сетью, сколько производителями продуктов и товаропроводящими сетями.

С этим связано и расхождение. По параметрам, связанным с организацией работы бизнеса, расхождение в лучшую сторону оказалось весьма существенным, что не может не вдохновлять на продолжение работы.

Следует также отметить, что расширяется и география внедрения Agile. Если в 2017 году респонденты были из 50 городов, то в 2022 году свыше 75 городов приняли участие в исследовании.

В исследовании по результатам 2023 года участвовали крупные торговые сети и многие другие компании. Стабильно в списке присутствуют столичные города, но с каждым годом Agile внедряется и в регионах нашей страны.

Так, в Самарской области еще с 2017 года действует Положение о проектной деятельности [14]. В нем указывается на необходимость управляющей системе области оказывать «содействие разработке наиболее эффективных путей достижения целей и результатов проектов, мер реагирования на риски и возможности, возникающие при реализации проектов».

По сути весь документ посвящен анализу содержания проектной деятельности, подчеркиванию ее значимости для региона, отмечаются и потенциальные проблемы, и необ-

ходимость гибкого реагирования.

Еще более близко к использованию гибких технологий проектного управления подошел Пенсионный фонд России Самарской области. Начав внедрение проектного управления с классического, каскадного способа, уже в 2016 году по технологии Agile был запущен Проектный офис.

Названный «Самараджайл» (объединение слов Самара и Agile), разработанный метод является гибридным, включающим элементы классического и гибкого подходов к проектному управлению. Если проанализировать сделанное, то можно сделать вывод о присутствии в применяемом методе элементов из вышеописанных гибких технологий.

Так, для наиболее эффективной работы из технологии Scrum применен инкрементальный и итерационный метод, доска задач, бэклог продукта, бэклог спринта и др. Из Kanban взято ограничение задач и визуализация производственного потока. Из Lean Six Sigma приняты к применению оптимизация рабочего пространства и производственных процессов [15].

Также были разработаны принципы формирования проектной команды. Применение гибких технологий позволило организации побеждать в проектных конкурсах и, главное, достичь значительных результатов в сокращении времени осуществления проектов, экономии материальных затрат и в использовании трудовых ресурсов (суммарная экономия, по оценкам разработчиков, примерно 11 тысяч человеко-часов в год).

Такие результаты побуждают организации к использованию проектного подхода к управлению и применению наиболее современных и эффективных гибких проектных технологий.

Заключение

1. Основные качества современного периода мирового развития VUCA-мира рассмотрены в применении к содержанию гибких технологий проектного управления.
2. На основе анализа параметров основных методов гибкого проектного управления обоснована необходимость гибридного подхода к их использованию в зависимости от отраслевой принадлежности и сферы деятельности.
3. Проанализированы данные по развитию практик применения гибких проектных технологий, ожиданий и результатов, сделаны прогнозы дальнейшего развития.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Шутьгин И.С. Предпосылки формирование новой парадигмы менеджмента в современных условиях внешней среды // В сборнике: Менеджмент в современном обществе: технологии будущего и наставничество. Материалы XXII Международной научно-практической конференции. – Орел, 2024. – С. 69–75. EDN: GWMEFC.
2. Марков Н.И., Мишута И.С. Роль каскадной модели в разработке гибких методологий управления проектами // В сборнике: Проблемы обеспечения эффективности функционирования систем управления в условиях нарастающей динамики внешнего окружения. Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Курск, 2023. – С. 210–215. EDN: TENZBV.
3. Agile-манифест разработки программного обеспечения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.html> (дата обращения: 12.11.2024).
4. Смёткина А.В., Бойко А.В. Agile-философия как решение проблем использования человеческого капитала при реализации проектов в условиях современной экономики // В сборнике:

- Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий. Материалы Международной научно-практической конференции. В 4-х томах. – Тюмень, 2023. – С. 261–264. EDN: FNWUYW.
5. Timinger H., Schmidtner M., Reiche F. A Framework for the Construction and Tailoring of Engineering Development Process Models // IEEE Transactions on Engineering Management. – 2024. – Vol. 71. – pp. 715–736. EDN: TPNZMG.
 6. Варнина М.О. Методы управления организационными изменениями // Молодой ученый. – 2024. – № 6 (505). – С. 95–97. EDN: WXNHRJ.
 7. Шавейко В.В. Использование досок Kanban для совершенствования процесса обучения студентов специальности бизнес-администрирование // В сборнике: 79-я научная конференция студентов и аспирантов Белорусского государственного университета. Материалы конференции. В 3-х частях. Минск, 2023. – С. 528–531. EDN: JJQPVBQ.
 8. Чепурная А.А. Scrum и Kanban: сравнительный анализ и применение популярных agile фреймворков // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2024. – № 1 (89). – С. 475–479. EDN: LGINJN.
 9. Щукин О.С., Кравец М.А., Исаев А.Д. Развитие бережливого производства в Воронежской области // Современная экономика: проблемы и решения. – 2024. – № 1 (169). – С. 122–133. EDN: YUGZIX.
 10. Глупанов П.В., Дмитриев А.Г. Сопоставительный анализ гибких методов управления проектами // Финансовые рынки и банки. – 2024. – № 2. – С. 23–28. EDN: WDLVCD.
 11. Семенова Д.М., Кудрявцев С.А. Динамика развития AGILE в России в 2017–2022 гг. // Современный город: власть, управление, экономика. – 2023. – Т. 1. – С. 18–23. EDN: UHBNVV.
 12. Agile в России // Отчеты об исследовании. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agilesurvey.ru/#top> (дата обращения: 12.11.2024).
 13. Новикова А.Е., Середина А.В. Применение гибких методологий проектного управления как способ совершенствования стратегического развития предприятия // Современные научные исследования и инновации. – 2021. – № 5 (121). EDN: SBSYFW.
 14. Постановление Правительства Самарской области «Об организации проектной деятельности в Правительстве Самарской области» от 18.08.2017 № 542. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.samara-gov.ru/doc/91240> (дата обращения: 12.11.2024).
 15. Переход на agile: опыт Самарского ПФР // Бюджет.ру [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bujet.ru/article/383912.php> (дата обращения: 13.11.2024).

Application of flexible project technologies in the context of geopolitical crisis: industry and regional aspects

T. V. Alaytseva, Yu. I. Ryzheva

Samara National Research University, 34,
Moskovskoe shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The published article examines various aspects of the effective use of the project approach in the form of flexible project management methods. The research uses analysis, synthesis, system method, generalization of theoretical material and factual data reflecting the use of flexible project technologies. The industry business aspect and the regional aspect reflecting the practice of applying flexible project management methods in the Samara region are highlighted. The connection between the process of developing and implementing organizational strategies and the need to increase the motivation of project team members is established.

Keywords: VUCA world; flexible management technologies; variability; uncertainty; Agile; Scrum; Kanban; Lean; hybrid methods.

Received: Monday 23rd September, 2024 / Revised: Wednesday 23rd October, 2024 /
Accepted: Friday 22nd November, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Shulgin I.S. Prerequisites for the formation of a new management paradigm in modern environmental conditions // In the collection: Management in modern society: technologies of the future and mentoring. Proceedings of the XXII International scientific and practical conference. – Orel, 2024. – pp. 69–75. EDN: GWMEFC. (In Russ.)

Management (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓢ Ⓞ ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Alaytseva T. V., Ryzheva Yu. I. Application of flexible project technologies in the context of geopolitical crisis: industry and regional aspects, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 202–212. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-202-212> (In Russian).

Authors' Details:

Tatyana V. Alaytseva  <http://orcid.org/0009-0008-3408-2231>

Ph.D. in Economics, Associate Professor; Associate Professor of the Department of General and Strategic Management; e-mail: alaytv@gmail.com

Yulia I. Ryzheva  <http://orcid.org/0009-0008-1901-2577>

Ph.D. in Economics, Associate Professor; Associate Professor of the Department of General and Strategic Management; e-mail: ryazheva_yulia@mail.ru

2. Markov N.I., Mishuta I.S. The role of the cascade model in the development of flexible project management methodologies // In the collection: Problems of ensuring the efficiency of management systems in the context of increasing dynamics of the external environment. Collection of materials of the international scientific and practical conference. – Kursk, 2023. – pp. 210–215. EDN: TEHZBV. (In Russ.)
3. Agile-manifesto of software development. [Electronic resource]. Access mode: <http://agilemanifesto.org/iso/ru/manifesto.html> (accessed: 12.11.2024). (In Russ.)
4. Smetkina A.V., Boyko A.V. Agile philosophy as a solution to the problems of using human capital in the implementation of projects in the context of the modern economy // In the collection: Actual issues of sustainable development of regions, industries, enterprises. Proceedings of the International scientific and practical conference. In 4 volumes. – Tyumen, 2023. – pp. 261–264. EDN: FNWUYW. (In Russ.).
5. Timinger H., Schmidtner M., Reiche F. A Framework for the Construction and Tailoring of Engineering Development Process Models // IEEE Transactions on Engineering Management. – 2024. – Vol. 71. – pp. 715–736. EDN: TPNZMG.
6. Varnina M.O. Methods of managing organizational changes // Young scientist. – 2024. – No. 6 (505). – pp. 95–97. EDN: WXNHRJ. (In Russ.)
7. Shaveiko V.V. Using Kanban boards to improve the learning process of students majoring in business administration // In the collection: 79th scientific conference of students and postgraduates of the Belarusian State University. Conference materials. In 3 parts. Minsk, 2023. – pp. 528–531. EDN: JJQPBB. (In Russ.)
8. Chepurnaya A.A. Scrum and Kanban: comparative analysis and application of popular agile frameworks // Skif. Issues of student science. – 2024. – No. 1 (89). – pp. 475–479. EDN: LGIHJN. (In Russ.)
9. Shchukin O.S., Kravets M.A., Isaev A.D. Development of lean production in the Voronezh region // Modern economy: problems and solutions. – 2024. – No. 1 (169). – pp. 122–133. EDN: YUGZIX. (In Russ.)
10. Glupanov P.V., Dmitriev A.G. Comparative analysis of flexible project management methods // Financial markets and banks. – 2024. – No. 2. – pp. 23–28. EDN: WDLVCD. (In Russ.)
11. Semenova D.M., Kudryavtsev S.A. Dynamics of AGILE development in Russia in 2017–2022 // Modern city: power, management, economy. – 2023. – Vol. 1. – pp. 18–23. EDN: UHBNVV. (In Russ.)
12. Agile in Russia // Research reports. [Electronic resource]. Access mode: <https://agilesurvey.ru/#top> (accessed: 12.11.2024). (In Russ.)
13. Novikova A.E., Seredina A.V. Application of flexible project management methodologies as a way to improve the strategic development of an enterprise // Modern scientific research and innovation. – 2021. – No. 5 (121). EDN: SBSYFW. (In Russ.)
14. Resolution of the Government of the Samara Region "On the organization of project activities in the Government of the Samara Region" dated 18.08.2017 No. 542. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.samara-gov.ru/doc/91240> (accessed: 12.11.2024). (In Russ.)
15. Transition to Agile: Experience of the Samara Pension Fund // Budget.ru [Electronic resource]. Access mode: <https://bujet.ru/article/383912.php> (accessed: 13.11.2024). (In Russ.)

УДК 658.5

Нефинансовая отчетность как коммуникативный инструмент корпоративной социальной ответственности

Т. Б. Заводчикова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

В статье показано возрастающее значение публичной нефинансовой отчетности как источника информации о результатах деятельности компаний в социальной, экономической, экологической сферах в условиях современной трансформации социально-экономической среды.

Для обоснования важности нефинансовой отчетности в разработке механизмов корпоративной социальной ответственности с учетом интересов стейкхолдеров проведен анализ основных тенденций практического применения нефинансовой отчетности российскими компаниями за период 2013–2024 гг.

На основе полученных аналитических данных за двенадцатилетний период выявлены особенности нефинансовой отчетности, связанные с динамикой представления ее компаниями, спецификой их отраслевой принадлежности, необходимостью повышения ее качества и уровня информативности, актуальностью применяемых форм отчетности.

Определены направления использования публичной нефинансовой отчетности, отражающие ее значимость как коммуникативного инструмента корпоративной социальной ответственности и необходимость ее эффективного применения в целях успешного развития корпоративной социальной деятельности.

Ключевые слова: корпоративная социальная ответственность; стейкхолдеры; коммуникации; устойчивое развитие; нефинансовая отчетность.

Получение: 14 октября 2024 г. / Исправление: 13 ноября 2024 г. /

Принятие: 13 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Введение

Менеджмент (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

📄 ©️🌐 Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Заводчикова Т. Б. Нефинансовая отчетность как коммуникативный инструмент корпоративной социальной ответственности // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 213–222. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-213-222>.

Сведения об авторе:

Тамара Борисовна Заводчикова  <http://orcid.org/0000-0002-1158-1803>

к.э.н., доцент; доцент кафедры общего и стратегического менеджмента; e-mail: toma.zavod@gmail.com

Современное функционирование отечественных компаний осуществляется в условиях чрезвычайной нестабильности и неопределенности бизнес-среды, во многом определяемой геополитическими и геоэкономическими факторами. Это в значительной степени актуализирует проблематику экономически, социально и экологически ответственной деятельности компаний в целях устойчивого развития, отражающей современную парадигму корпоративной социальной ответственности (КСО).

Многочисленные профессиональные исследования свидетельствуют о научной и практической значимости вопросов, связанных с развитием и совершенствованием КСО.

Теоретико-методологический анализ концепции КСО, механизмов ее реализации отражает необходимость комплексного подхода к ее исследованию на основе системы взаимосвязанных критериев, таких как многоаспектность ответственности, интеграция в основные бизнес-процессы и стратегии, многоуровневость системы ценностей, соответствие нормативной базе, взаимодействие с заинтересованными сторонами, цифровизация, участие в достижении целей устойчивого развития [1]. Особое научное и практическое значение в разработке механизмов КСО имеет учет интересов всех заинтересованных сторон (стейкхолдеров) компании в принятии решений и их реализации. Деятельность ведущих российских компаний демонстрирует понимание необходимости взаимодействия с заинтересованными сторонами, как фактора их устойчивого развития и успешного ведения бизнеса. Это обуславливает важность организации коммуникационных процессов КСО, совершенствования ее коммуникативных технологий. В связи с этим особое значение имеет анализ публичной нефинансовой отчетности как коммуникативного инструмента КСО, что определяет научную значимость проведенного исследования.

Использование нефинансовой отчетности как источника информации о результатах экономически, социально и экологически ответственной деятельности предприятий с учетом интересов стейкхолдеров обуславливает необходимость ее эффективного применения в целях успешной реализации КСО и устойчивого развития отечественного бизнеса, что определяет практическую значимость исследования.

Целью данной статьи является исследование нефинансовой отчетности как коммуникативного инструмента корпоративной социальной ответственности. Реализация поставленной цели предполагает решение задач, связанных с анализом основных тенденций и особенностей практического применения нефинансовой отчетности за период 2013–2024 гг. с точки зрения степени вовлеченности российских компаний в эту работу, динамики представления ими нефинансовой отчетности, структуры нефинансовой отчетности, коммуникационной направленности ее использования.

Ход исследования

При относительной новизне деловой практики КСО в отечественном бизнесе накоплен определенный опыт формирования и развития коммуникаций компаний с заинтересованными сторонами в решении экономических, социальных, экологических вопросов. В известной теории стейкхолдеров, родоначальником которой принято считать Р.Э. Фримена, разнообразие стейкхолдеров и увеличение их количества обуславливают необходимость исследования заинтересованных сторон, включающих «все группы и всех индивидуумов, играющих жизненно важную роль в успехе делового предприятия в современных условиях» [2, 3].

Современное толкование стейкхолдеров столь же широко. Так, в международном стандарте ИСО 26000:2010 «Руководство по социальной ответственности» заинтересованная сторона определяется как «лицо или группа, заинтересованные в каких-либо решени-

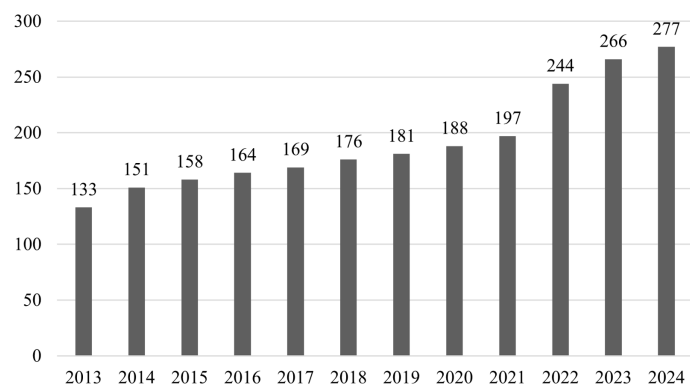
ях или деятельности организации» [4]. Такой подход обуславливает многоаспектность и сложность процесса коммуникаций современной компании с весьма обширным перечнем заинтересованных сторон. С учетом особенностей внутренней и внешней среды выделяют внутренние и внешние коммуникации с заинтересованными сторонами. В таблице 1 представлены основные субъекты внутренних и внешних коммуникаций с заинтересованными сторонами, а также цели и механизмы этих коммуникаций, приведенные на основе результатов исследований лучших практик КСО российских компаний, проведенных Ассоциацией менеджеров [5].

Особое место в числе коммуникативных технологий КСО занимает публичная нефинансовая отчетность, призванная повысить информационную открытость и прозрачность бизнеса. Нефинансовые отчеты компаний отражают результаты их деятельности в социальной, экономической, экологической сферах с учетом интересов стейкхолдеров.

Публикация первых нефинансовых отчетов российских компаний появилась в начале 2000-х годов. Актуальность этого коммуникативного инструмента во взаимодействии с заинтересованными сторонами находит подтверждение статистикой численного роста компаний, которые ежегодно публикуют нефинансовую отчетность. Данные Российского союза промышленников и предпринимателей за 2013–2024 гг., приведенные на рис. 1, отражают эту положительную динамику, состоящую в более чем двукратном увеличении количества компаний, публикующих нефинансовую отчетность [6, 7]. Сопоставимый тренд роста численности компаний, принимающих участие в подготовке публичной нефинансовой отчетности, отражен и в исследованиях Ассоциации менеджеров лучших практик КСО российского бизнеса.

Рис. 1: Количество компаний, публикующих нефинансовую отчетность (2013–2024 гг.). Составлено автором по данным РСПП <https://www.rspp.ru/>

Fig. 1: Number of companies publishing non-financial statements (2013–2024). Compiled by the author based on data from the RUIE <https://www.rspp.ru/>



Изучение изменений количественных показателей публичной нефинансовой отчетности демонстрирует устойчивую тенденцию увеличения предоставляемых компаниями отчетов. Это подтверждается исследованиями количества нефинансовых отчетов, которые зарегистрированы в базе РСПП. Так, с 2013 г. по 2024 г. их число выросло более, чем в 3 раза и составило на конец 2024 г. 1600 отчетов. Анализ отраслевой принадлежности компаний, публикующих нефинансовую отчетность на протяжении исследуемого периода, демонстрирует сохраняющиеся лидерские позиции энергетики, металлургии, нефтегазовой отрасли [6, 7].

Заслуживают внимания изменения структурных элементов нефинансовой отчетности – экологических, социальных, интегрированных отчетов, а также отчетов в области устойчивого развития. Количественное соотношение их в изучаемый период варьировалось. В таблице 2 приведены расчеты количественного и процентного состава видов нефинансовых отчетов российских компаний в 2013 г. и в 2024 [6, 7].

Таблица 1: Коммуникации компании с заинтересованными сторонами.

Table 1: Company Communications with Stakeholders.

Виды коммуникаций и основные субъекты коммуникаций	Цели коммуникаций	Механизмы коммуникаций
<p>Внутренние:</p> <ul style="list-style-type: none"> – собственники; – сотрудники. <p>Внешние:</p> <ul style="list-style-type: none"> – потребители; – поставщики; – бизнес-партнеры; – конкуренты; – инвесторы; – акционеры; – профессиональные организации и ассоциации; – органы государственной власти и управления; – местное сообщество; – общественные организации; – некоммерческие организации; – политструктурные образования; – средства массовой информации. 	<ul style="list-style-type: none"> – поддержание репутации компании; – укрепление корпоративной культуры и лояльности сотрудников; – снижение рисков; – повышение конкурентоспособности компании; – привлечение партнеров для решения социальных или экологических проблем; – формирование базы потенциальных клиентов и сотрудников; – совершенствование профессиональных компетенций сотрудников; – получение конкурентных преимуществ. 	<ul style="list-style-type: none"> – участие в работе общественных палат; – участие в конференциях, «круглых столах», семинарах; – совместная экспертная работа; – участие в гражданских экспертизах и общественных слушаниях; – организация ярмарок социальных проектов; – корпоративный сайт; – выступления и публикации в СМИ; – социальная отчетность.

Как видно из таблицы 2, преобладающим видом отчетов в 2013 г. являлись социальные отчеты. Их доля составляла 52.8 %. При сохранении положительной динамики роста социальных отчетов за двенадцатилетний период их доля в общем количестве отчетов заметно сократилась и составила в 2024 г. 24.2 %. При этом, произошло значительное увеличение удельного веса интегрированных отчетов – с 7.4 % в 2013 г. до 27.8 % в 2024 г., а также отчетов в области устойчивого развития – с 30.7 % до 40.7 % соответственно. Количественная динамика этих изменений представлена на рис. 2, который иллюстрирует общую тенденцию роста всех видов нефинансовых отчетов, а также их соотношение в исследуемый период.

Аналитические данные, полученные Ассоциацией менеджеров в 2019 г. в ходе исследо-

Таблица 2: Структура корпоративных нефинансовых отчетов.
Составлено автором по данным РСПП <https://www.rspp.ru/>.

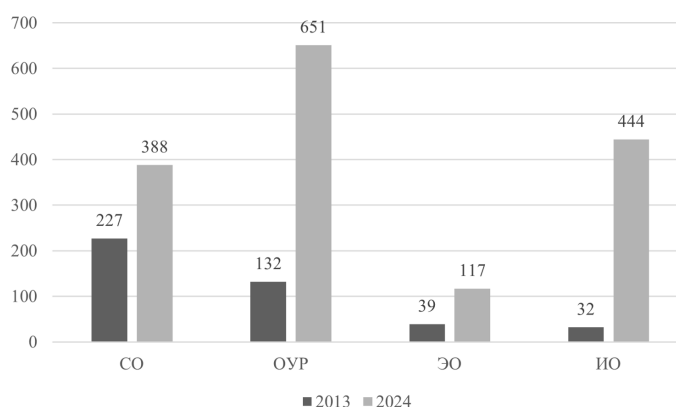
Table 2: Structure of corporate non-financial reports.
Compiled by the author based on data from the RUE <https://www.rspp.ru/>.

Виды нефинансовых отчетов	2013г. количество	2013г. %	2024г. количество	2024г. %
Социальные отчеты (СО)	227	52.8	388	24.2
Отчеты в области устойчивого развития (ОУР)	132	30.7	651	40.7
Экологические отчеты (ЭО)	39	9.1	117	7.3
Интегрированные отчеты (ИО)	32	7.4	444	27.8

ваний лучших практик КСО отечественных компаний, отражают аналогичные тенденции и по актуальности используемых форм отчетности, и по их количественному соотношению. По результатам этих исследований отмечается также определенная зависимость акцента на отчеты в области устойчивого развития от отраслевой принадлежности компаний. Так, более половины участвовавших в исследованиях в 2019 г. компаний сырьевого сектора – «лидеров КСО», использовали эту форму отчетности [6, 7].

Рис. 2: Количественное соотношение видов корпоративных нефинансовых отчетов в 2013 г. и в 2024 г. Составлено автором по данным РСПП <https://www.rspp.ru/>

Fig. 2: Quantitative ratio of types of corporate non-financial reports in 2013 and in 2024. Compiled by the author based on data from the RUE <https://www.rspp.ru/>



На практике, по оценкам специалистов, возможны ситуации некорректного определения компаниями видов предоставляемых отчетов, особенно таких, как интегрированные отчеты, отчеты в области устойчивого развития. Имеет место также отнесение к социальным тех отчетов, которые содержат информацию не только о социальной, но и об экологической, управленческой деятельности компании.

При формировании нефинансовой отчетности компании ориентируются на принципы, рекомендации по ее составлению, которые определяются международными стандартами, а также зависят от отраслевых, региональных стандартов, особенностей функционирования компаний, ожиданий заинтересованных сторон. Используемая на практике подготовка нефинансовой отчетности в свободной форме сказывается на качестве отчетов, корректности содержащейся в них информации и соответственно на эффективности коммуникаций со стейкхолдерами. По данным исследований, проведенных Ассоциацией менеджеров, в последние годы наблюдается снижение количества компаний, отдающих предпочтение

свободной форме предоставления нефинансовой отчетности. Как показано на рис. 3, в 2019 г. их доля в общем числе анализируемых лучших практик КСО отечественных компаний составила 25 % [6, 7].

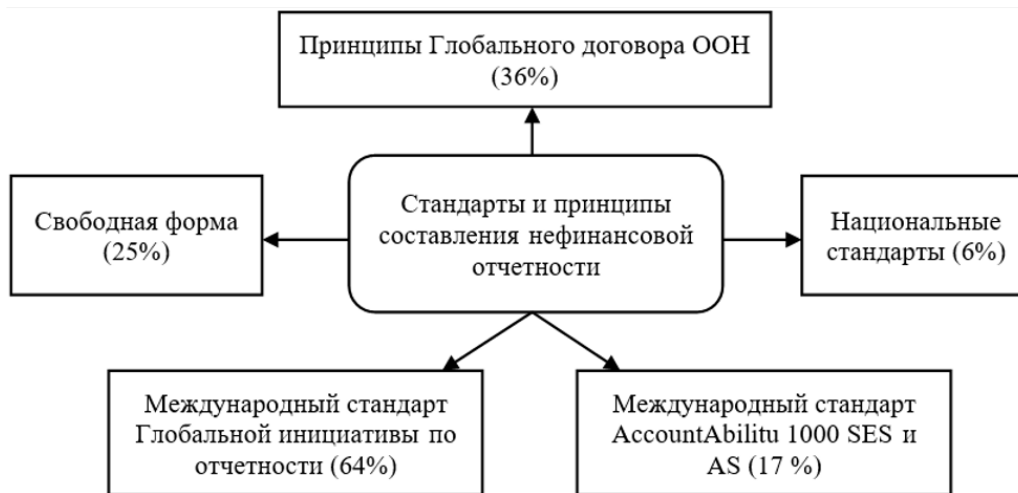


Рис. 3: Стандарты и принципы составления нефинансовой отчетности. Составлено автором по данным исследований Ассоциации менеджеров [6, 7].

Fig.3: Standards and principles for the preparation of non-financial reporting. Compiled by the author based on research by the Association of Managers [6, 7].

Сказывается также и отраслевая специфика. Так, в сырьевом секторе прослеживается нацеленность значительной части компаний-респондентов при предоставлении нефинансовой отчетности на международный стандарт GRI (85 %) и на Принципы Глобального договора ООН (38 %). Удельный вес таких компаний в перерабатывающем секторе значительно меньше – 30 % и 10 % соответственно. В сфере услуг доля компаний-респондентов, использующих при составлении нефинансовой отчетности Принципы Глобального договора ООН составила 54 % и международный стандарт GRI – 23 %. При этом, специфика и разнообразие бизнес-процессов компаний перерабатывающего сектора в определенной степени влияют на использование ими свободной формы предоставления нефинансовой отчетности, которую, согласно исследованиям Ассоциации менеджеров в 2019 г. предпочли 50 % компаний-респондентов [6, 7].

Важность нефинансовой отчетности как коммуникативного инструмента КСО подтверждается исследованиями направлений ее использования, отраженными в таблице 3.

Данные таблицы 3 отражают результаты анализа, проведенного Ассоциацией менеджеров, согласно которому 58 % компаний – «лидеров КСО», участвовавших в исследованиях в 2019 г., используют нефинансовую отчетность во внутренних коммуникациях с сотрудниками. Использование нефинансовой отчетности в коммуникациях со стейкхолдерами является преобладающей и составляет 76 %. Существенными являются также коммуникации с акционерами и инвесторами (67 %). Не менее значимым с точки зрения коммуникационных технологий КСО является использование нефинансовой отчетности в целях анализа социальной направленности инвестиционной деятельности компаний (33%) и развития социального инвестирования с учетом необходимых корректив (24%), что свидетельствует о качестве отчетов и уровне их информативности [6–8]. По оценкам экспертов, публикуемые сегодня отчеты существенно различаются по массиву отчетных данных, уровню их детализации и транспарентности [9]. Это предъявляет особые требования к качеству и

Таблица 3: Коммуникационная направленность использования нефинансовой отчетности. Составлено автором на основе исследований Ассоциации менеджеров (суммарный результат превышает 100% с учетом возможности выбора компаниями-респондентами более одного варианта) [6, 7].

Table 3: Communication orientation of the use of non-financial reporting. Compiled by the author on the basis of research of the Association of Managers (the total result exceeds 100%, taking into account the possibility of choosing more than one option by respondent companies) [6, 7].

Направления использования нефинансовой отчетности	%
Внутренние коммуникации с сотрудниками	58
Внешние коммуникации с заинтересованными сторонами	76
Коммуникации с акционерами и инвесторами	67
Анализ эффективности социальных инвестиций	33
Корректировки направлений и объема социального инвестирования	24

достоверности информации, содержащейся в нефинансовых отчетах, что оказывает непосредственное влияние на процесс взаимодействия с заинтересованными сторонами.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о возрастающем значении нефинансовой отчетности как источника информации о результатах деятельности компаний в социальной, экономической, экологической сферах с учетом интересов стейкхолдеров. Способствуя информационной открытости и прозрачности бизнеса, публичная нефинансовая отчетность тем самым повышает степень доверия к нему. Это обуславливает особую важность нефинансовой отчетности как коммуникативного инструмента КСО и необходимость ее эффективного применения в целях успешного развития корпоративной социальной деятельности.

Заключение

1. Обосновано значение публичной нефинансовой отчетности в разработке механизмов КСО с учетом интересов всех заинтересованных сторон компании в принятии решений и их реализации.
2. Проанализированы основные тенденции практического применения нефинансовой отчетности за период 2013–2024 гг. с точки зрения степени вовлеченности российских компаний в эту работу.
3. Определены особенности нефинансовой отчетности за двенадцатилетний период, связанные с динамикой представления ее компаниями, спецификой их отраслевой принадлежности, необходимостью повышения ее качества и уровня информативности.
4. Выявлена структура нефинансовой отчетности с учетом актуальности используемых форм отчетности и их соотношения в исследуемый период.
5. Установлена коммуникационная направленность использования нефинансовой отчетности как источника информации о результатах экономической, социально и экологически ответственной деятельности предприятий.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Заводчикова Т.Б. Корпоративная социальная ответственность как интегральная составляющая российского бизнеса // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2024. – Т. 15. – № 3. – С. 102–112. EDN: TYGGAZ.
2. Благов Ю.Е. Р. Эдвард Фримен и концепция заинтересованных сторон (предисловие к разделу) // Вестник Санкт–Петербургского университета. Менеджмент. – 2012. – № 1. – С. 109–116. EDN: OXQQBT.
3. Freeman R. E. Stakeholder Management: A Stakeholder Approach. Marshfield, MA: Pitman Publishing, 1984. – 292 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://books.google.ru/books?id=DcxVAgAAQBAJ&hl=ru> (дата обращения: 01.12.2024).
4. Руководство по социальной ответственности. Международный стандарт ISO 26000:2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://smartcons.org/photoz/downloadfiles/ISO_26000_\(Rus\)-draft.pdf](https://smartcons.org/photoz/downloadfiles/ISO_26000_(Rus)-draft.pdf) (дата обращения: 03.12.2024).
5. Доклад о социальных инвестициях в России – 2014: к созданию ценности для бизнеса и общества. / Ю.Е. Благов (и др.); под общ. ред. Ю.Е. Благова, И.С. Соболева. СПб.: Авторская творческая мастерская (АТМ Книга), 2014. – 144 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6338110/> (дата обращения: 19.01.2024).
6. Доклад о социальных инвестициях в России – 2019: к трансформации бизнеса в интересах устойчивого развития / Ю.Е. Благов, А.А. Петрова–Савченко; под общ.ред. Ю.Е. Благова. М.: Ассоциация Менеджеров, 2020. – 74 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://amr.ru/upload/iblock/435/4356def1f8d2cbeb228da1e761fec5ee.pdf> (дата обращения: 19.01.2024)..
7. Российский союз промышленников и предпринимателей. Национальный регистр корпоративных нефинансовых отчетов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rspp.ru/sustainable_development/registr/?ysclid=m4e0jwdiv4423114626 (дата обращения: 07.12.2024).
8. Российский союз промышленников и предпринимателей. ESG отчетность – корпоративная отчетность по устойчивому развитию в России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://amr.ru/upload/iblock/8f0/8f0b59a284a7d8d823be3c8e082edafd.pdf> (дата обращения: 17.11.2024).
9. Кожухова В.В. Анализ, оценка и мониторинг нефинансовых рисков по данным корпоративной отчетности предприятий // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2024. – № 5 (235). – С. 75–83. EDN: XZTKSH.

Non-financial reporting as a communicative tool for corporate social responsibility

T. B. Zavodchikova

Samara National Research University, 34,
Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.

Abstract

The article shows the growing importance of public non-financial reporting as a source of information on the performance of companies in the social, economic, and environmental spheres in the context of the current transformation of the socio-economic environment.

To substantiate the importance of non-financial reporting in the development of corporate social responsibility mechanisms taking into account the interests of stakeholders, an analysis of the main trends in the practical application of non-financial reporting by Russian companies for the period 2013–2024 was conducted.

Based on the analytical data obtained over a twelve-year period, the features of non-financial reporting related to the dynamics of its presentation by companies, the specifics of their industry affiliation, the need to improve its quality and level of information content, and the relevance of the reporting forms used were identified.

The directions of using public non-financial reporting are determined, reflecting its importance as a communicative tool for corporate social responsibility and the need for its effective application for the successful development of corporate social activity.

Keywords: corporate social responsibility; stakeholders; communications; sustainable development; non-financial reporting.

Received: Monday 14th October, 2024 / Revised: Wednesday 13th November, 2024 /
Accepted: Friday 13th December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

Management (Research Article)

© Authors, 2024

© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓜ Ⓞ ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:

Zavodchikova T. B. Non-financial reporting as a communicative tool for corporate social responsibility, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 213–222. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-213-222> (In Russian).

Author's Details:

Tamara B. Zavodchikova  <http://orcid.org/0000-0002-1158-1803>

Ph.D. in Economics, Associate Professor; Associate Professor of the Department of General and Strategic Management;

e-mail: toma.zavod@gmail.com

1. Zavodchikova T.B. Corporate social responsibility as an integral component of Russian business // Bulletin of Samara University. Economics and Management. – 2024. – Vol. 15. – No. 3. – pp. 102–112. EDN: TYGGAZ. (In Russ.).
2. Blagov Yu.E. R. Edward Freeman and the concept of stakeholders (preface to the section) // Bulletin of St. Petersburg University. Management. – 2012. – No. 1. – pp. 109–116. EDN: OXQQBT (In Russ.).
3. Freeman R. E. Stakeholder Management: A Stakeholder Approach. Marshfield, MA: Pitman Publishing, 1984. – 292 p. [Electronic resource]. Access mode: <https://books.google.ru/books?id=DcxVAgAAQBAJ&hl=ru> (accessed: 01.12.2024).
4. Social Responsibility Guidelines. International Standard ISO 26000:2010. [Electronic resource]. Access mode: [https://smartcons.org/photoz/downloadfiles/ISO_26000_\(Rus\)-draft.pdf](https://smartcons.org/photoz/downloadfiles/ISO_26000_(Rus)-draft.pdf) (accessed: 03.12.2024) (In Russ.).
5. Report on social investments in Russia – 2014: to create value for business and society. / Yu.E. Blagov (et al.); under the general editorship of Yu.E. Blagov, I.S. Sobolev. St. Petersburg: Author's creative workshop (ATM Book), 2014. – 144 p. [Electronic resource]. Access mode: <https://studfile.net/preview/6338110/> (accessed: 19.01.2024) (In Russ.).
6. Report on social investments in Russia – 2019: towards business transformation in the interests of sustainable development / Yu.E. Blagov, A.A. Petrova–Savchenko; under the general editorship of Yu.E. Blagov. Moscow: Association of Managers, 2020. – 74 p. [Electronic resource]. Access mode: <https://amr.ru/upload/iblock/435/4356def1f8d2cbeb228da1e761fec5ee.pdf> (accessed: 19.01.2024) (In Russ.).
7. Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs. National Register of Corporate Non–Financial Reports. [Electronic resource]. Access mode: https://rspp.ru/sustainable_development/registr/?ysclid=m4e0jwdiv4423114626 (accessed: 07.12.2024) (In Russ.).
8. Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs. ESG reporting – corporate reporting on sustainable development in Russia. [Electronic resource]. Access mode: <https://amr.ru/upload/iblock/8f0/8f0b59a284a7d8d823be3c8e082edafd.pdf> (accessed: 17.11.2024) (In Russ.).
9. Kozhukhova V.V. Analysis, assessment and monitoring of non–financial risks based on corporate reporting data of enterprises // Bulletin of the Samara State University of Economics. – 2024. – No. 5 (235). – pp. 75–83. EDN: XZTKSH. (In Russ.)

УДК 331.108.2

Совершенствование методов формирования кадрового резерва таможенных органов

О. Ю. Калмыкова^{1,2}, Н. В. Соловова², К. В. Трубицын¹, Е. П. Тупоносова¹

¹Самарский государственный технический университет,
Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева, Россия, 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Аннотация

В условиях современных экономических и социальных изменений, особое значение приобретают кадровые аспекты совершенствования профессиональной деятельности должностных лиц таможенных органов. Актуальным направлением кадровой политики является стратегия формирования высококвалифицированного кадрового резерва, способного оперативно и профессионально решать поставленные перед таможенными органами задачи. В статье авторами рассматривается проблема совершенствования методов стратегии формирования кадрового резерва таможенных органов, обеспечивающих минимизацию кадровых рисков в условиях трансформации таможенного администрирования. Цель данного исследования — анализ и разработка практических рекомендаций по совершенствованию методов стратегии формирования кадрового резерва таможенных органов. Авторами проведен анализ научных публикаций российских ученых по различным вопросам формирования кадровой политики таможен-

Управление персоналом (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)


Образец для цитирования:

Калмыкова О. Ю., Соловова Н. В., Трубицын К. В., Тупоносова Е. П. Совершенствование методов формирования кадрового резерва таможенных органов // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 4. С. 223–243. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-223-243>.

Сведения об авторах:

Ольга Юрьевна Калмыкова  <http://orcid.org/0000-0003-0933-0332>


кандидат педагогических наук, доцент; доцент кафедры управления и системного анализа теплоэнергетических и социотехнических комплексов¹; доцент кафедры управления человеческими ресурсами²;
e-mail: oukalmiykova@mail.ru

Наталья Валентиновна Соловова  <http://orcid.org/0000-0002-3280-3380>

доктор педагогических наук, доцент; заведующий кафедрой управления человеческими ресурсами²;
e-mail: solovova.nv@ssau.ru

Константин Викторович Трубицын  <http://orcid.org/0000-0003-1888-2905>

кандидат экономических наук, доцент; декан теплоэнергетического факультета, доцент кафедры управления и системного анализа теплоэнергетических и социотехнических комплексов¹;
e-mail: trubitsyn.kv@samgtu.ru

Елена Павловна Тупоносова  <http://orcid.org/0000-0003-3883-6113>

кандидат технических наук; доцент кафедры прикладной математики и информатики¹;
e-mail: alenushka1982@inbox.ru

ных органов в аспекте стратегии перехода к интеллектуальной таможене. Применив в исследовании метод экспертных оценок и метод анализа иерархий проанализировали основные рекомендации по совершенствованию методов формирования кадрового резерва таможенных органов. Предложена математическая модель прогнозирования влияния факторов эффективной профессиональной деятельности должностных лиц на уровень кадровых рисков таможенного органа.

Ключевые слова: таможенный орган, управление человеческими ресурсами; должностное лицо, кадровый риск-фактор, кадровая политика; кадровый резерв, редукции личных достижений, экспертный опрос; метод анализа иерархий (МАИ); профиль кадровых рисков.

Получение: 8 октября 2024 г. / Исправление: 7 ноября 2024 г. /

Принятие: 7 декабря 2024 г. / Публикация онлайн: 28 января 2025 г.

Введение

В современных социально-экономических условиях возрастает уровень требований к качеству таможенного администрирования, но, в настоящее время, таможенные методы и технологии не всегда являются достаточно эффективными. Существует актуальная потребность в разработке современного методического инструментария системы стратегического прогнозирования и планирования в таможенных органах [1]. Данную задачу необходимо решать и в организационном и кадровом аспектах: совершенствовать принципы и методы технологии формирования кадрового потенциала Федеральной таможенной службы Российской Федерации. Процессы таможенного администрирования оказывают влияние на модернизацию организационно-управленческих подходов к развитию кадрового и трудового потенциалов [2].

Одним из ключевых направлений деятельности сотрудников кадровой службы является реализация мероприятий технологии формирования кадрового резерва, обеспечивающей эффективность и производительность труда должностных лиц таможенных органов. Инновационные задачи технологии формирования кадрового резерва таможенных органов во многом связаны со следующими современными направлениями кадровой работы: повышение уровня сформированности профессиональной, стресс-компетентности и компетентности в области цифровых технологий и искусственного интеллекта должностных лиц.

В данном исследовании авторами статьи проведен анализ научных публикаций по актуальным вопросам кадрового менеджмента в таможенных органах, включающей следующие взаимосвязанные вопросы:

- определение стратегических направлений совершенствования кадровой политики в условиях цифровой трансформации таможенного администрирования;
- целеполагание и разработка методов формирования кадрового и трудового потенциалов [3];
- модернизация методов системы формирования кадрового резерва;
- развитие методов профилактики кадровых рисков таможенного органа и др.

Данные аспекты совершенствования кадровой политики таможенных органов обсуждаются во различных научных публикациях, отражающих организационный, управленческий и социально-психологический подходы к управлению человеческими ресурсами.

В рамках первых двух анализируются такие организационные аспекты, как: модернизация системы трудовой мотивации; разработка кадровых мероприятий по превентивной профилактике профессионального стресса персонала; совершенствование технологии управления кадровыми рисками; развитие методов профессионального развития и обучения должностных лиц в условиях совершенствования процессов таможенного администрирования и др.

В исследовании А. Ю. Рожковой [2] предложена методика формирования кадрового резерва на основе системы ресурсной оценки, обеспечивающей комплексное и объективное определение уровня сформированности профессиональной компетентности кандидатов в резерв. Данная методика предполагает использование различных методических инструментов, позволяющих проанализировать стратегию профессионального саморазвития и мотивационные установки кандидата в резерв управленческих кадров.

В статье Е. Н. Петрушко, О. А. Москаленко, В. В. Шкилева [4] анализируются современные управленческие тенденции и направления кадровой работы в системе таможенных органов. Авторы отмечают что основными направлениями деятельности сотрудников кадровых службы является реализация стратегических задач по управлению кадровым потенциалом на основе методов кадрового комплектования, профессионального развития, инструментов материальной и нематериальной мотивации, антикоррупционных механизмов и др.

В исследовании Е. А. Юрмановой, Н. С. Медведевой [5] проведен многофакторный анализ модернизации управленческих процессов в условиях реализации «Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года». Авторами статьи анализируется проблема формирования новых профессиональных компетенций должностных лиц в условиях цифровой трансформации таможенного администрирования: обеспечение правовых основ таможенной службы; внедрение кадровых инноваций; совершенствование методов предупредительно-воспитательной работы в таможенных органах; формирование единой централизованной структуры, которая обеспечивает эффективность технологии кадрового планирования в таможенных органах и др.

В работе М. В. Медведевой [6] рассматривается влияние цифровизации таможенных процессов на динамику движения рабочей силы, а, также, на модернизацию профессионально-квалификационной структуры персонала таможенных органов в аспекте повышения требований к цифровой компетентности должностных лиц. Автор исследования предлагает практические рекомендации по формированию высококвалифицированного кадрового потенциала таможенных органов: активное внедрение в учебный процесс (на уровне вуза и на уровне таможенного органа) интерактивных образовательных технологий, а, именно, специальных лабораторных классов, обеспеченных тренажерными комплексами, которые помогают слушателям программ повышения квалификации моделировать рабочие процессы как при совершении таможенных операций в пунктах пропуска, так и при декларировании и выпуске товаров.

В исследовании Е. В. Труниной, М. А. Абрамкиной [7] идентифицируется профиль рисков технологии формирования кадрового резерва таможенных органов. На основе анализа и оценки рисков, авторами сформированы практические рекомендации, обеспечивающие защиту кандидатов от субъективных решений при назначении на вакантные должности государственной гражданской службы.

В статье О. А. Троян, А. С. Перегудовой [8] проанализированы проблемы реализации мероприятий технологии кадрового планирования таможенных органов на уровне управления профессиональной карьерой должностных лиц, а также на уровне этапов прохожде-

ния таможенной службы. Авторами предложены рекомендации по модернизацию системы профессионального развития.

В работе А. Ю. Рожковой, Н. И. Колесниковой [9] рассматриваются различные подходы к организации технологии профессиональной адаптации молодых специалистов в таможенных органах в современных социально-экономических условиях. На основе разработки профиля кадровых рисков технологии первичной профессиональной адаптации, авторами сформированы практические рекомендации: совершенствование системы и методов наставничества; формирование банка электронных ресурсов для профессиональной адаптации и др.

В статье О. Б. Долгополова, А. В. Михайловой, В. А. Сеничева [10] представлен анализ методов первичной профессиональной адаптации молодых специалистов на примере региональной электронной таможни. Авторами разработаны практические рекомендации по совершенствованию системы первичной профессиональной адаптации сотрудников как на уровне высшего учебного заведения, так и на уровне региональной электронной таможни: совершенствование принципов и методов деятельности наставников; проведение семинаров с инспекторами; создание обучающей информационной платформы, моделирующей процессы приема, регистрации и выпуска таможенных деклараций, а также контур, имитирующий функционирование таможенных постов.

В статье Н. А. Сафоновой [11] рассматривается практическое применение методов и инструментов процессов цифровизации, а, также методов современных таможенных технологий в контексте формирования новых профессиональных компетенций и компетенций по диагностике коррупционных рисков в таможенных органах. Автором предложено провести актуализацию профессионально-этических норм сотрудников таможенных органов в контексте реализации процессов цифровизации деятельности таможенных органов.

В. Н. Кругловым [12] на основе анализа структуры и динамики трудовых ресурсов Калужской таможни сформирован профиль кадровых рисков, возникающих в процессе реализации кадровых мероприятий в таможенных органах: отсутствие практики замещения должностей, для которых предусмотрены специальные звания молодыми специалистами; неэффективная система мотивации трудовой деятельности должностных лиц и др.

В работе С. Я. Юсуповой [13] проанализированы вопросы применения методов стратегического управления в таможенных органах. Проанализирован кадровый потенциал таможенных органов на примере центров электронного декларирования, представлены результаты экспертной оценки кадрового обеспечения центров электронного декларирования в условиях формирования цифровой таможни. Автором сформированы рекомендации по формированию кадрового потенциала таможенных органов: совершенствование технологии отбора и набора сотрудников в новых условиях таможенного администрирования; пересмотр требований для кандидатов в процесса проведения конкурсных испытаний на государственную службу, на основе повышения уровня цифровой и профессиональной компетентности с учетом особенностей деятельности таможенного органа.

Таким образом, совершенствование технологии формирования кадрового потенциала является стратегической задачей современной кадровой политики таможенных органов, обеспечивающей минимизацию кадровых рисков.

Ход исследования

В качестве предмета исследования рассматриваем принципы и подходы к модернизации методов формирования кадрового резерва таможенных органов.

Задачи исследования:

- диагностика факторов, оказывающих влияние на эффективность технологии формирования кадрового таможенных органов в условиях повышения требований к качеству таможенного администрирования;
- совершенствование методов формирования кадрового резерва таможенных органов, обеспечивающих повышение уровня профессиональной и стресс-компетентности должностных лиц [14, 15].

Для решения поставленных задач и обоснования практических рекомендаций были использованы следующие методы исследования: экспертный опрос, метод анализа иерархий (МАИ), метод математического моделирования, методика оценки кадровых рисков организации, тест Шкала организационного стресса Маклина [15–19].

В исследовании авторы статьи провели экспертные опросы среди двух групп экспертов: должностных лиц в отставке и должностных лиц таможенного органа (2024 г.). Экспертам необходимо было оценить значимость практических подходов к модернизации методов формирования кадрового резерва таможенных органов (см. табл. 1).

С точки зрения должностных лиц в отставке, наиболее значимой рекомендацией является «Совершенствование кадрового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования» со средней оценкой экспертов равной 9,25 баллов.

На втором месте по значимости первой группы экспертов выбрана со средней оценкой 9 баллов практическая рекомендация «Модернизация методик подбора сотрудников с высоким уровнем цифровой компетентности». Со средней оценкой в 3,5 балла, выбраны следующие рекомендации: «Разработка программ повышения квалификации должностных лиц, направленных на формирование коммуникативной компетентности», «Совершенствование универсальных (для кадрового резерва ФТС, таможен и РТУ) методик оценки уровня сформированности профессиональных компетенций потенциальных кандидатов» и «Совершенствование методов повышения уровня цифровой компетентности инспекторского состава для обработки больших декларационных массивов». На втором этапе исследования у второй группы экспертов (должностные лица таможенного органа) были проведены опросы, представленные в табл. 2, где предложены практические рекомендации по совершенствованию технологии формирования кадрового резерва таможенного органа.

Основываясь на оценках второй группы экспертов (должностные лица таможенного органа), представленные в табл. 2, самой значимой рекомендацией со средней оценкой 9,75 баллов, является рекомендация «Совершенствование кадрового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования», а затем — со средней оценкой 8,75 баллов, является рекомендация «Модернизация методик подбора сотрудников с высоким уровнем цифровой компетентности».

Рекомендации, которые по мнению экспертов являются наименее эффективными: «Совершенствование универсальных (для кадрового резерва ФТС, таможен и РТУ) методов и методик оценки уровня сформированности профессиональных компетенций потенциальных кандидатов» со средней оценкой 3,5 балла, «Разработка программ повышения квалификации должностных лиц (руководителей), направленных на формирование коммуникативной компетентности» с оценкой 4 балла и «Совершенствование методов повышения уровня цифровой компетентности инспекторского состава для обработки больших декларационных массивов» 4,25 балла.

Профессиональное развитие персонала и формирование кадрового резерва для таможенных органов является важными кадровыми стратегиями [19, 20].

Таблица 1: Результаты экспертного опроса оценки значимости практических рекомендаций (первая группа экспертов)

Table 1: Results of the expert survey assessing the importance of practical recommendations (first group of experts)

№	Практическая рекомендация	Оценка экспертов				Среднее значение
		E_1	E_2	E_3	E_4	
1	Совершенствование программ повышения квалификации по специфическим направлениям деятельности подразделений тылового обеспечения	7	8	5	4	6
2	Разработка комплекса заданий, используемых в процессе профессионально-квалификационного продвижения в зависимости от категорий должностей	8	7	7	1	5,75
3	Создание организационных условий для объективного учета результатов прохождения аттестации должностных лиц при формировании управленческого кадрового резерва таможенного органа	6	6	7	3	5,5
4	Разработка программ повышения квалификации должностных лиц (руководителей), направленных на формирование коммуникативной компетентности	3	4	5	2	3,5
5	Модернизация методик подбора сотрудников с высоким уровнем цифровой компетентности	9	10	9	8	9
6	Совершенствование технологии оценки трудовой деятельности: учет результатов деятельности должностных лиц, состоящих в кадровом резерве по итогам за год	5	5	7	10	6,75
7	Совершенствование кадрового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования	10	9	9	9	9,25
8	Совершенствование универсальных (для кадрового резерва ФТС, таможен и РТУ) методов и методик оценки уровня сформированности профессиональных компетенций потенциальных кандидатов	1	1	5	7	3,5
9	Создание специальных программ повышения квалификации по формированию стресс-компетентности сотрудников мобильных групп [14]	4	3	5	6	4,5
10	Совершенствование методов повышения уровня цифровой компетентности инспекторского состава для обработки больших декларационных массивов	2	2	6	4	3,5

Таблица 2: Результаты экспертного опроса оценки значимости практических рекомендаций (вторая группа экспертов)

Table 2: Results of the expert survey assessing the importance of practical recommendations (second group of experts)

№	Практическая рекомендация	Оценка экспертов				Среднее значение
		E_1	E_2	E_3	E_4	
1	Совершенствование программ повышения квалификации по специфическим направлениям деятельности подразделений тылового обеспечения	8	6	7	4	6,25
2	Разработка комплекса заданий, используемых в процессе профессионально-квалификационного продвижения в зависимости от категорий должностей	7	8	7	2	6
3	Создание организационных условий для объективного учета результатов прохождения аттестации должностных лиц при формировании управленческого кадрового резерва таможенного органа	7	6	5	5	5,75
4	Разработка программ повышения квалификации должностных лиц (руководителей), направленных на формирование коммуникативной компетентности	6	5	3	2	4
5	Модернизация методик подбора сотрудников с высоким уровнем цифровой компетентности	8	7	10	10	8,75
6	Совершенствование технологии оценки трудовой деятельности: учет результатов деятельности должностных лиц, состоящих в кадровом резерве по итогам за год	8	7	9	6	7,5
7	Совершенствование кадрового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования	9	10	10	10	9,75
8	Совершенствование универсальных (для кадрового резерва ФТС, таможен и РТУ) методов и методик оценки уровня сформированности профессиональных компетенций потенциальных кандидатов	3	5	4	2	3,5
9	Создание специальных программ повышения квалификации по формированию стресс-компетентности сотрудников мобильных групп [14]	4	5	4	7	5
10	Совершенствование методов повышения уровня цифровой компетентности инспекторского состава для обработки больших декларационных массивов	5	4	5	3	4,25

Для выбора наиболее эффективной практической рекомендации по совершенствованию технологии формирования кадрового резерва таможенных органов с использованием метода анализа иерархий (МАИ) проведено ранжирование оценок вариантов на основе субъективных мнений экспертов [18, 19]. В качестве экспертов выступила фокус-группа из должностных лиц таможенных органов. Метод анализа иерархий предполагает декомпозицию проблемы на все более простые составляющие части и соответствующие процедуры обработки суждений экспертов. В результате определяется относительная значимость исследуемых альтернатив по всем критериям, находящимся в иерархии. Относительная значимость выражается численно в виде векторов приоритетов. Полученные таким образом значения векторов являются оценками в шкале отношений [20].

Авторами статьи определены приоритетные факторы, к которым относятся следующие основные критерии:

K_1 — средний балл экспертной оценки;

K_2 — формирование благоприятного социально-психологического климата в системе социально-трудовых отношений таможенного органа;

K_3 — определяющее влияние на совершенствование кадровой политики в области технологии формирования кадрового резерва;

K_4 — степень влияния на повышение эффективности трудовой деятельности должностных лиц таможенных органов.

Для нахождения альтернативных решений определены следующие основные альтернативы:

P_1 — совершенствование кадрового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования — 9,25 балла;

P_2 — модернизация методик подбора сотрудников с высоким уровнем цифровой компетентности — 9 баллов;

P_3 — совершенствование технологии оценки профессиональной деятельности должностных лиц: учет результатов деятельности должностных лиц, состоящих в кадровом резерве по итогам за год — 6,75 баллов;

P_4 — совершенствование методов повышения уровня цифровой компетентности инспекторского состава для обработки больших декларационных массивов — 6 балла.

Данные по оценке значимости практических рекомендаций взяты из табл. 1.

В МАИ элементы иерархии сравниваются попарно по отношению к их воздействию («весу» или «интенсивности») на общую для них характеристику [18–21].

Схема расчёта приоритетов, оценка компонент собственного вектора приоритетов, нормированные оценки и нахождение собственного числа матрицы представлены в табл. 3.

В табл. 4–6 представлены оценка компонент собственного вектора приоритетов, нормированные оценки и нахождение собственного числа матрицы для первого эксперта. Пусть P_1, P_2, P_3, P_4 множество из оцениваемых элементов, основные альтернативы, а p_{ij} — экспертные оценки по соответствующей шкале ($\forall s: p_{ss} = 1$). Компоненты собственного вектора x_i определяются по каждой строке матрицы в виде среднего геометрического по формуле [21]

$$x_i = \sqrt[n]{p_{i1} \cdot p_{i2} \cdot \dots \cdot p_{in}}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где n — число оцениваемых элементов.

После расчёта компонент собственного вектора для всех n строк их значения норми-

Таблица 3: Схема расчёта приоритетов

Table 3: Priority calculation scheme

Матрица парных сравнений					x_i	X_i	λ_i^{\max}
	P_1	P_2	\dots	P_n			
P_1	p_{11}	p_{12}	\dots	p_{1n}	$x_1 = \sqrt[n]{p_{11} \cdot p_{12} \cdot \dots \cdot p_{1n}}$	$X_1 = \frac{x_1}{\sum_{s=1}^n x_s}$	$\lambda_1^{\max} = \sum_{s=1}^n p_{s1} X_s$
P_2	p_{21}	p_{22}	\dots	p_{2n}	$x_2 = \sqrt[n]{p_{21} \cdot p_{22} \cdot \dots \cdot p_{2n}}$	$X_2 = \frac{x_2}{\sum_{s=1}^n x_s}$	$\lambda_2^{\max} = \sum_{s=1}^n p_{s2} X_s$
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
P_n	p_{n1}	p_{n2}	\dots	p_{nn}	$x_n = \sqrt[n]{p_{n1} \cdot p_{n2} \cdot \dots \cdot p_{nn}}$	$X_n = \frac{x_n}{\sum_{s=1}^n x_s}$	$\lambda_n^{\max} = \sum_{s=1}^n p_{sn} X_s$
\sum	$\sum_{s=1}^n p_{s1}$	$\sum_{s=1}^n p_{s2}$	\dots	$\sum_{s=1}^n p_{sn}$	$\sum_{s=1}^n x_s$	1	$\lambda_i^{\max} = \sum_{s=1}^n p_{si} X_s$ ($i = 1, 2, \dots, n$)

ругуются на единицу по формуле (2) и определяется нормированные оценки X_i :

$$X_i = \frac{x_i}{\sum_{s=1}^n x_s}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Таким образом, находятся локальные приоритеты, определяющие степень относительного влияния множества элементов нижестоящего уровня на вышестоящий. Приближенное главное собственное значение матрицы λ_i^{\max} , определяется по формуле [3]

$$\lambda_i^{\max} = \sum_{s=1}^n p_{si} \cdot \frac{x_i}{\sum_{q=1}^n x_q} = \sum_{s=1}^n p_{si} \cdot X_s, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Величина λ_i^{\max} отражает пропорциональность предпочтений, т.е. чем ближе эта величина к n (числу объектов и видов действия в матрице парных сравнений), тем более

Таблица 4: Вычисление приоритетов по критерию (эксперт 1)

Table 4: Calculation of priorities according to the criterion (expert 1)

Матрица парных сравнений					x_i	X_i	λ_i^{\max}
Критерий	K_1	K_2	K_3	K_4			
K_1	1	1/5	1/7	1/9	0,24	0,04	0,78
K_2	5	1	1	1/5	1	0,15	1,08
K_3	7	1	1	1/9	0,94	0,14	1,57
K_4	9	5	9	1	4,49	0,67	0,96
\sum	22	7,20	11,14	1,42	6,66	1	4,38

согласованны суждения. В качестве иллюстрации результатов исследования на основе метода МАИ, приводим примеры некоторых из расчетов [20]. В табл. 4 представлена матрица парных сравнений и вычисление приоритетности критериев первым экспертом.

Приоритеты представляют собой вес того или иного элемента в заданной группе. Сумма приоритетов элементов, подчиненных одному элементу вышестоящего уровня иерархии, равна единице. Приоритет цели равен единице. Далее проводятся парные сравнения элементов иерархии по отношению к заданному элементу вышестоящего уровня. Данный этап приводит к записи обратно симметричной матрицы, имеющей следующее свойство: по формуле (1) определяются компоненты собственного вектора, по формуле (2) — нормированные оценки и по формуле (3) — приближенное главное собственное значение матрицы.

Преимуществом данного подхода при нахождении собственного вектора является то, что для вычисления приоритетов не производится преобразование исходных данных и может использоваться любая информация. Любая матрица парных сравнений в общем случае является не согласованной. Когда отклонения от согласованности превышают установленные пределы, возникает необходимость определения индекса согласованности и отношения согласованности.

Далее в работе проводится процедура оценки качества суждений экспертов на основе индекса согласованности IS , который дает информацию о степени нарушения согласованности и рассчитывается по формуле

$$IS = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (4)$$

где λ_{\max} — приближенное главное собственное значение матрицы (формула (3)), n — число сравниваемых элементов.

При приближенном главном собственном значении матрицы $\lambda_{\max} = 4,38$ и числом сравниваемых элементов $n = 4$, по формуле (4) определяется индекс согласованности [21]: $IS = (4,38 - 4)/(4 - 1) = 0,13$.

Если разделить IS на число, соответствующее случайной согласованности матрицы SS того же порядка, то по формуле (5) получим отношение согласованности OS :

$$OS = \frac{IS}{SS}. \quad (5)$$

Для числа сравниваемых элементов $n = 4$, случайной согласованности матрицы SS , равной 0,9, отношение согласованности OS определяется по формуле (5): $OS = IS/SS = 0,13/0,9 = 0,14$. Отношение согласованности около 10% является допустимым и свидетельствует о том, что отклонение элементов матрицы парных сравнений по табл. 4 от приемлемых величин не столь велики, чтобы заметно нарушить согласованность [20].

В табл. 5 приведен расчёт приоритетов по критерию «Формирование благоприятного социально-психологического климата в системе социально-трудовых отношений таможенного органа» по эксперту 1.

По формуле (4) определяется индекс согласованности IS : $IS = (4,49 - 4)/(4 - 1) = 0,16$, а по формуле (5) определяется отношение согласованности OS : $OS = 0,16/0,9 = 0,18$.

В исследовании проведен расчёт приоритетов по всем четырем критериям по эксперту 1, синтез глобальных приоритетов по эксперту 1 представлен в табл. 6.

Значение приоритетов критериев K_1, K_2, K_3, K_4 соответствует нормированным оцен-

Таблица 5: Вычисление приоритетов по критерию «Формирование благоприятного социально-психологического климата» (эксперт 1)

Table 5: Calculation of priorities according to the criterion “Formation of a favorable socio-psychological climate” (expert 1)

Матрица парных сравнений					x_i	X_i	λ_i^{\max}
Критерий K_2	P_1	P_2	P_3	P_4			
P_1	1	1/3	4	7	1,74	0,33	1,44
P_2	3	1	5	3	2,59	0,49	0,91
P_3	1/4	1/5	1	3	0,62	0,12	1,21
P_4	1/7	1/3	1/3	1	0,35	0,07	0,93
Σ	4,39	1,86	10,33	14	5,31	1	4,49

Таблица 6: Синтез глобальных приоритетов (эксперт 1)

Table 6: Synthesis of global priorities (expert 1)

	Значение приоритетов критериев				Глобальные приоритеты GP
	K_1	K_2	K_3	K_4	
	0,04	0,15	0,14	0,67	
P_1	0,63	0,33	0,44	0,50	0,471
P_2	0,24	0,49	0,30	0,31	0,333
P_3	0,10	0,12	0,19	0,06	0,089
P_4	0,03	0,07	0,06	0,14	0,114

кам из табл. 4 подсчёта матрицы приоритетов по критерию (эксперт 1).

Глобальные приоритеты GP рассчитываются как взвешенная сумма нормированных значений приоритетов объектов по соответствующим критериям [20, 21]. Например, глобальный приоритет для P_1 (совершенствование кадрового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования) рассчитывается следующим образом:

$$GP_1 = 0,04 \cdot 0,63 + 0,15 \cdot 0,33 + 0,14 \cdot 0,44 + 0,67 \cdot 0,5 = 0,471.$$

В исследовании проведен расчёт приоритетов по четырем экспертам по всем критериям, а вычисление матрицы парных сравнений важности экспертов по группе 1 показано в табл. 7.

Здесь E_1, E_2, E_3, E_4 — эксперты по 1, 2, 3 и 4 группе. По формуле (4) определяется индекс согласованности IS для матрицы парных сравнения, представленных в табл. 7 подсчёта матрицы парных сравнений важности экспертов по 1 группе: $IS = (4,49 - 4)/(4 - 1) = 0,16$, а по формуле (5) определяется отношение согласованности OS : $OS = 0,16/0,9 = 0,18$.

После расчёта матриц парных сравнений и оценки качества суждений на основе отношения согласованности необходимо провести синтез глобальных приоритетов, то есть найти значимость или степень влияния объектов на выбранную цель исследования. Приоритеты синтезируются, начиная со второго уровня вниз. Локальные приоритеты перемно-

Таблица 7: Подсчёт матрицы парных сравнений важности экспертов по 1 группе

Table 7: Calculation of the matrix of paired comparisons of the importance of experts for group 1

Матрица парных сравнений					x_i	X_i	λ_i^{\max}
Эксперты	E_1	E_2	E_3	E_4			
E_1	1	4	3	7	3,03	0,55	0,95
E_2	1/4	1	4	3	1,32	0,24	1,34
E_3	1/3	1/4	1	7	0,87	0,16	1,3
E_4	1/7	1/3	1/7	1	0,28	0,05	0,9
Σ	1,72	5,58	8,14	18	5,5	1	4,49

жаются на приоритет соответствующего критерия на вышестоящем уровне и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями, на которые воздействует элемент. Расчёт синтеза глобальных приоритетов по 1 группе рассчитан и представлен в табл. 8 [20,21].

Таблица 8: Синтез глобальных приоритетов по 1 группе

Table 8: Synthesis of global priorities for group 1

	Значение приоритетов критериев				Глобальные приоритеты GP
	E_1	E_2	E_3	E_4	
	0,55	0,24	0,16	0,05	
E_1	0,471	0,483	0,486	0,486	0,477
E_2	0,333	0,323	0,264	0,343	0,320
E_3	0,089	0,143	0,108	0,077	0,104
E_4	0,114	0,051	0,096	0,093	0,095

Здесь E_1, E_2, E_3, E_4 — эксперты по 1, 2, 3 и 4 группе. Значение E_1, E_2, E_3, E_4 соответствует нормированным оценкам из табл. 7 подсчёта матрицы парных сравнений важности экспертов по 1 группе. Максимальная величина рассчитанной оценки по глобальным приоритетам GP соответствует лучшему объекту в анализируемой группе [20].

Проведя исследование по методы анализа иерархий по 1 группе, можно сделать вывод, что эффективность рассматриваемых рекомендаций составляет:

- совершенствование кадрового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования P_1 — 47,7 %;
- модернизация методик подбора сотрудников с высоким уровнем цифровой компетентности P_2 — 32 %;
- совершенствование технологии оценки трудовой деятельности: учет результатов деятельности должностных лиц, состоящих в кадровом резерве по итогам за год P_3 — 10,4 %;
- совершенствование методов повышения уровня цифровой компетентности инспекторского состава для обработки больших декларационных массивов P_4 — 9,5 %.

Опираясь на полученные результаты по первой группе экспертов, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективной рекомендацией по совершенствованию технологии формирования кадрового резерва таможенных органов является «Совершенствование кад-

рового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования», значение глобального приоритета GP данной рекомендации составляет 0,477 ед.

Аналогичные расчеты были произведены по второй группе экспертов. По результатам двух групп экспертов, рассчитали среднее арифметическое значение по каждой из четырех значимых рекомендаций для выявления двух самых эффективных (см. табл. 9).

Таблица 9: Расчет средней оценки глобальных приоритетов по двум группам

Table 9: Calculation of the average assessment of global priorities for two groups

	Значение приоритетов критериев		Средняя оценка
	Группа 1	Группа 2	
P_1	0,477	0,481	0,479
P_2	0,320	0,314	0,317
P_3	0,104	0,129	0,117
P_4	0,095	0,076	0,086

Наиболее значимой рекомендацией по результатам двух групп экспертов является «Совершенствование кадрового потенциала таможенного органа для решения стратегических задач модернизации таможенного администрирования» — средняя оценка 0,479.

Следующим этапом работы проведено построение математических моделей уровня кадровых рисков в области формирования кадрового резерва персонала и показателя общего уровня кадровых рисков в степенном виде, структурная модель системы которых представлена (рис. 1).

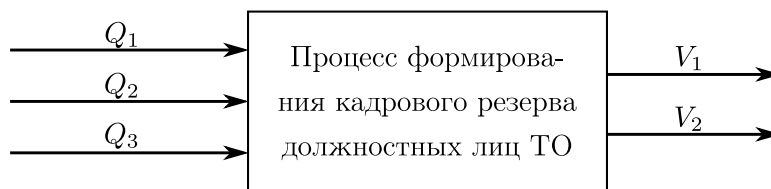


Рис. 1: Структурная модель системы

Fig. 1: The structural model of the system

Построим математическую модель в степенной форме вида (6) уровня кадровых рисков в области формирования кадрового резерва персонала и математическую модель в степенной форме вида (7) показателя общего уровня кадровых рисков [22–24]:

$$V_1 = A_1 \cdot Q_1^{\alpha_1} \cdot Q_2^{\beta_1} \cdot Q_3^{\delta_1}, \quad (6)$$

$$V_2 = A_2 \cdot Q_1^{\alpha_2} \cdot Q_2^{\beta_2} \cdot Q_3^{\delta_2}. \quad (7)$$

Здесь Q_1 — редукция личных достижений должностных лиц таможенного органа (%); Q_2 — штатная численность должностных лиц (чел.); Q_3 — количество должностных лиц, находящихся в кадровом резерве (чел.); V_1 — уровень кадровых рисков в области формирования кадрового резерва персонала (единиц); V_2 — показатель общего уровня кадровых рисков (единиц); α_1, α_2 — функции эластичности по показателю Q_1 ; β_1, β_2 — функции эла-

стичности по показателю Q_2 ; δ_1, δ_2 — функции эластичности по показателю Q_3 ; A_1, A_2 — масштабные коэффициенты.

Исходные данные для построения математических моделей, определенные методом количественного анализа результатов экспертного опроса персонала таможенных органов, представлены в табл. 10.

Таблица 10: Исходные данные для моделирования

Table 10: Initial data for modeling

Год	Показатели				
	Q_1	Q_2	Q_3	V_1	V_2
2017	37,7	553	164	0,81	17,51
2018	35,3	557	170	0,78	16,70
2019	34,8	927	250	0,76	15,89
2020	34,2	923	240	0,75	14,08
2021	32,5	910	236	0,73	12,37
2022	0,4	889	205	0,71	11,48
2023	28,4	891	160	0,71	10,66

Параметры модели (6) и (7) идентифицируются нелинейной аппроксимирующей функцией `nlinfit()` в MATLAB [25,26]. Далее на рис. 2 представлена часть программы в MATLAB, по которой производился расчёт.

```

1 % входные данные.
2 Q=[Q1 ,Q2 ,Q3 ];
3 % коэффициенты для генерации выборки
4 b = [1,2,1,1];
5 % начальные коэффициенты для подбора
6 beta0 = [1,1,1,1];
7 % функция в которой подбираются коэффициенты
8 modelfun = @(b,Q) (b(1) .*Q1.^b(2) .*Q2.^b(3) .*Q3.^b(4))
9 % функция подбора коэффициентов для V1.
10 beta = nlinfit(Q ,V1 ,modelfun,beta0)
11 % расчет точек по новым коэффициентам для V1
12 V1= modelfun(beta,Q);
13 % функция подбора коэффициентов для V2.
14 beta = nlinfit(Q , V1,modelfun,beta0);
15 % расчет точек по новым коэффициентам
16 V2 = modelfun(beta,Q);
17

```

Рис. 2: Программа в MATLAB

Fig. 2: A program in MATLAB

Для модели (6) получаем следующие значения функции эластичности: $A_1 = 0,0840$, $\alpha_1 = 0,6829$, $\beta_1 = 0,1071$, $\delta_1 = -0,1732$. Для модели (7) общего уровня кадровых рисков V_2 получаем следующие значения функций эластичности: $A_2 = 0,0750$, $\alpha_2 = 1,6975$, $\beta_2 = -0,1563$, $\delta_2 = 0,0600$.

На рис. 3 и 4 и в табл. 11 представлено сравнение исходных и модельных данных с 2017 по 2023 годы по математической модели уровня кадровых рисков в области адаптации и обучения персонала — V_1 и показателя общего уровня кадровых рисков — V_2 .

Таблица 11: Исходные данные и модельные данные V_1 и V_2

Table 11: Initial data and model data V_1 and V_2

Год	V_1		V_2	
	Исходные данные	Модельные данные	Исходные данные	Модельные данные
2017	0,81	0,8144	17,51	18,0013
2018	0,78	0,7744	16,70	16,1160
2019	0,76	0,7575	15,89	14,8665
2020	0,75	0,7536	14,08	14,4085
2021	0,73	0,7288	12,37	13,2299
2022	0,71	0,7117	11,48	11,7552
2023	0,71	0,7093	10,66	10,3146

На рис. 3 и 4 и в табл. 11 представлена сходимость исходных и модельных данных по уровню кадровых рисков в области адаптации и обучения персонала — V_1 и по показателю общего уровня кадровых рисков — V_2 . По полученным математическим моделям вида (6) и (7) можно сделать вывод о том, что на показатель уровня кадровых рисков в области технологии формирования кадрового резерва и профессионального развития и на показатель общего уровня кадровых рисков в наибольшей степени влияет редукция личных достижений должностных лиц таможенного органа. На основании полученных результатов, можно констатировать, что после проверки степенной математической модели на адекватность и оценку качества моделирования, математическая модель может быть использована для дальнейшего краткосрочного и среднесрочного прогнозирования показателя уровня кадровых рисков в области формирования кадрового резерва, профессионального развития и показателя общего уровня кадровых рисков таможенного органа.

Заключение

Исследование позволяет сформулировать следующие выводы:

1. В процессе совершенствования технологии формирования кадрового резерва необходимо реализовывать кадровые мероприятия, направленные на профилактику кадровых рисков в условиях трансформации таможенного администрирования.
2. Следует создать благоприятные организационные условия для совершенствования методов повышения уровня цифровой компетентности инспекторского состава для обработки больших декларационных массивов [27].
3. Необходимо совершенствовать методы системы наставничества, профессиональной адаптации и профессионального развития должностных лиц таможенных органов.
4. Следует проводить мероприятия, направленные на совершенствование методов повышения уровня цифровой компетентности инспекторского состава для обработки больших декларационных массивов.

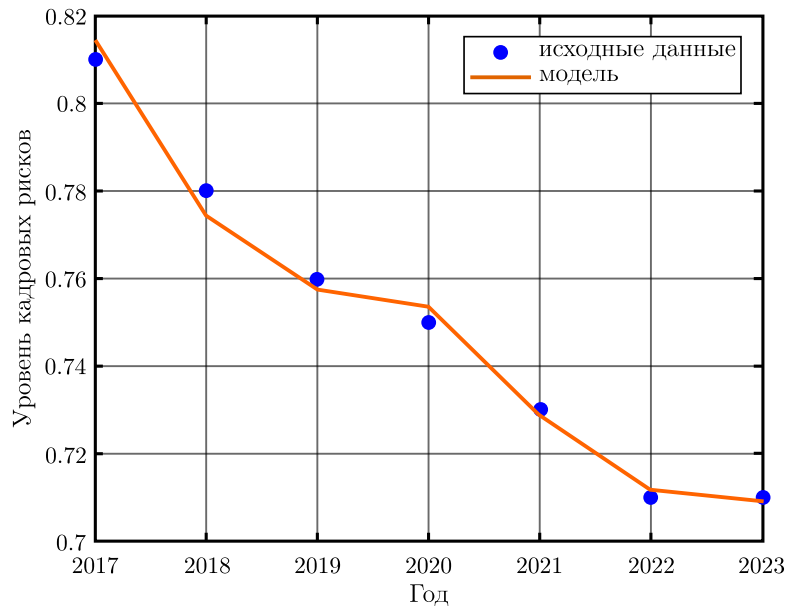


Рис. 3: Сравнение показателя уровня кадровых рисков в области адаптации и обучения персонала V_1 со статистическими данными табл. 10.

Fig. 3: Comparison of the indicator of the level of personnel risks in the field of personnel adaptation and training with the statistical data of Table 10.

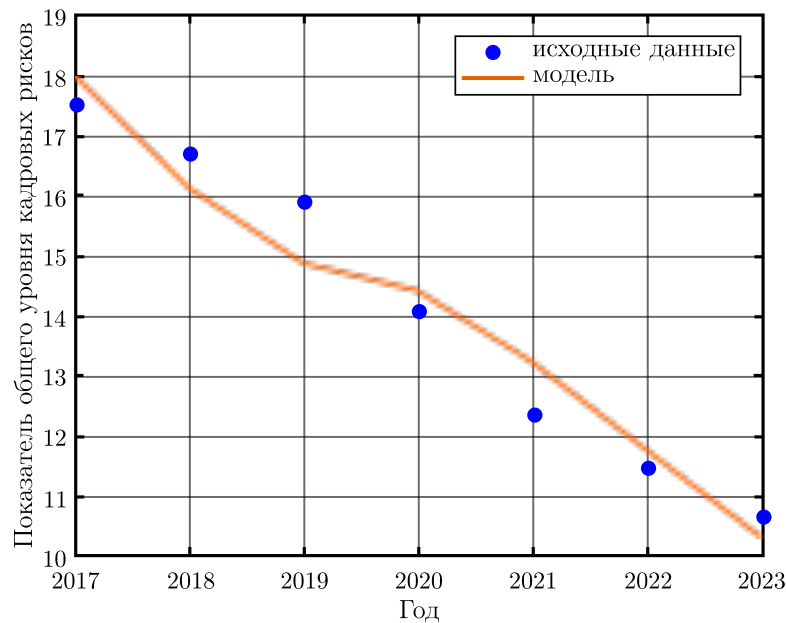


Рис. 4: Сравнение показателя общего уровня кадровых рисков V_2 со статистическими данными табл. 1.

Fig. 4: Comparison of the indicator of the general level of personnel risks with the statistical data of Table 1.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Макрусев В.В. Стратегия развития таможенных институтов: проблемные вопросы проектирования и реализации // Вестник университета. – 2022. – № 3. – С. 15–22. EDN: SBUQHK.
2. Рожкова А.Ю. Кадровый резерв таможенных органов РФ: концептуальные основы и вектор трансформации в условиях цифровизации // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. – 2022. – № 3 (48). – С. 14–20. EDN: CPTZDP.
3. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2020 года» от 28.12.2012 № 2575-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140447/ (дата обращения: 02.11.2024).
4. Петрушко Е.Н., Москаленко О.А., Шкилёв В.В. Концептуальные основы кадрового обеспечения единой системы таможенных органов Российской Федерации // Российский экономический интернет-журнал. – 2023. – № 1. EDN: IPKKSC.
5. Юрманова Е.А., Медведева Н.С. Цифровизация кадровой политики в таможенных органах // В сборнике научных трудов: Современные векторы развития таможенного дела и внешнеэкономической деятельности. – Саратов, 2022. – С. 46–51. EDN: LUGEGU.
6. Медведева М.В. Кадровое обеспечение таможенных органов в условиях их цифровизации // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. – 2021. – № 4 (80). – С. 22–25. EDN: SVALPK.
7. Трунина Е.В., Абрамкина М.А. К проблеме формирования кадрового резерва для государственной гражданской службы // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4. – № 7. – С. 437–444. EDN: ХТТНLV.
8. Троян О.А., Перегудова А.С. Кадровое планирование и управление карьерой персонала таможенных органов // В сборнике: Экономико-управленческий конгресс. Сборник статей по материалам Международного научно-практического мероприятия НИУ «БелГУ». – Белгород, 2021. – С. 260–263. EDN: TGQUVP.
9. Рожкова А.Ю., Колесников Н.И. Адаптация должностных лиц, впервые принятых на службу в таможенные органы: содержание, особенности и направления совершенствования // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. – 2022. – № 1 (46). – С. 152–160. EDN: ТМКQTK.
10. Долгополов О.Б., Михайлова А.В., Сеничев В.А. Профессиональная адаптация выпускников Российской таможенной академии на примере Южной электронной таможни // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. – 2022. – № 1 (46). – С. 34–40. EDN: PSOMVZ.
11. Сафонова Н.А. Совершенствование профессионально-этических норм сотрудников таможенных органов в аспекте противодействия коррупции // Вестник Российской таможенной академии. – 2022. – № 1 (58). – С. 156–164. EDN: OREFUI.
12. Круглов В.Н. Векторы и инструменты совершенствования кадрового менеджмента (на примере Таможенной отрасли) // Управленческий учет. – 2023. – № 11–2. С. 441–447. EDN: WHSGSR.
13. Юсупова С.Я. Позиционирование кадрового обеспечения деятельности центров электронного декларирования в условиях стратегических изменений // Вестник Российской таможенной академии. – 2023. – № 4 (65). – С. 44–51. EDN: PLXFXU.
14. Трубицын К.В., Калмыкова О.Ю., Коновалова О.В. Мотивационный менеджмент в таможенных органах // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 4. EDN: LTHAXO.

15. Калмыкова О.Ю., Трубицын К.В., Коновалова О.В. Формирование эмоциональной компетентности должностных лиц таможенных органов: минимизация кадровых рисков // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. – 2022. – Т. 11. – № 3. – С. 43–48. EDN: TVBSLU.
16. Митрофанова А.Е. Социально-экономическое содержание и структура кадровых рисков в организации // Вестник Московского государственного областного университета. – 2013. – № 2. – С. 52. EDN: QZOTIR.
17. Водопьянова Н.Е. Психодиагностика стресса. – СПб.: Питер, 2009. – 336 с. ISBN: 978-5-388-00542-7.
18. Саати Т.Л. Принятие решений: Метод анализа иерархий / Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – Москва: Радио и связь, 1993. – 314 с. ISBN: 5-256-00443-3.
19. Живаева В.В., Николаев В.А., Парфёнова С.Н., Тупоносова Е.П. Метод анализа иерархий как инструмент планирования качества профессионального развития персонала // Качество. Инновации. Образование. – 2019. – № 1 (159). – С. 10–20. EDN: DUVDTI.
20. Соловова Н.В., Калмыкова О.Ю., Тупоносова Е.П. Управление профессиональными стрессами персонала на уровне организации // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. – 2024. – Т. 15. – № 2. – С. 230–248. EDN: DCDGJ.
21. Дуля И.В., Цапенко М.В. Выбор модели управления запасами методом анализа иерархии // В сборнике: Управление организационно-экономическими системами. Сборник трудов научного семинара студентов и аспирантов института экономики и управления. – Самара, 2024. – С. 154–157. EDN: TMKAYR.
22. Дилигенский Н.В., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. Построение и идентификация математических моделей производственных систем: учебное пособие. – Самара: Офорт. – 2005. – 126с. ISBN: 5-473-00189-0. EDN: QRDZHV.
23. Тупоносова Е.П. Управление кадровым обеспечением регионального производственного комплекса «ВУЗ – Нефтяной кластер»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет». – 2023. – 208 с. EDN: DPFWFG.
24. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике: учебник. 2-е изд. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, Издательство «Дело и Сервис», 1999. – 368 с. ISBN: 5-86509-054-2.
25. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с. ISBN: 978-5-94074-652-2.
26. Чен К., Джиблин П., Ирвинг А. MATLAB в математических исследованиях / Пер. с англ. В.Е. Кондрашова и С.Б. Королева. – М.: Мир, 2001. – 346 с. ISBN: 5-03-002821-8.
27. Москаленко О.А., Петрушко Е.Н., Шкилёв В.В. Теоретические и методологические основы профессиональной подготовки федеральных государственных гражданских служащих (на примере Таможенных органов Российской Федерации) // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 30. EDN: HWURQZ.

Improving methods for forming a personnel reserve for customs authorities

O. Yu. Kalmykova^{1,2}, N. V. Solovova², K. V. Trubitsyn¹, E. P. Tuonosova¹

¹ Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia.

² Samara National Research University, 34,
Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia.


Abstract

In the context of modern economic and social changes, the personnel aspects of improving the professional activities of customs officials are of particular importance. A relevant area of HR policy is the strategy of forming a highly qualified personnel reserve capable of promptly and professionally solving the tasks set before customs authorities. In the article, the authors consider the problem of improving the methods of the strategy of forming the personnel reserve of customs authorities, ensuring the minimization of personnel risks in the context of the transformation of customs administration. The purpose of this study is to analyze and develop practical recommendations for improving the methods of the strategy of forming the personnel reserve of customs authorities. The authors analyzed scientific publications of Russian scientists on various issues of forming the personnel policy of customs authorities in the aspect of the strategy of transition to intelligent customs. Using the method of expert assessments and the method of hierarchy analysis in the study, we analyzed the main recommendations for improving the methods of forming the personnel reserve of customs authorities. A mathematical model is proposed for predicting the influence of factors of effective professional activity of officials on

Humane Resources Management (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

 The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)


Please cite this article in press as:

Kalmykova O. Yu., Solovova N. V., Trubitsyn K. V., Tuonosova E. P. Improving methods for forming a personnel reserve for customs authorities, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 4, pp. 223–243. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-4-223-243> (In Russian).


Authors' Details:

Olga Yu. Kalmykova  <http://orcid.org/0000-0003-0933-0332>


Candidate of Pedagogical Sciences; Associate Professor; Department of Management and System Analysis of Heat Power Engineering and Socio-technical Complexes¹; Human Resource Management Department²;
e-mail: oukalmykova@mail.ru

Natalya V. Solovova  <http://orcid.org/0000-0002-3280-3380>

Doctor of Pedagogical Sciences; Associate Professor, Head of Human Resource Management Department²;
e-mail: solovova.nv@ssau.ru

Konstantin V. Trubitsyn  <http://orcid.org/0000-0003-1888-2905>

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; Department of Management and System Analysis of Heat Power Engineering and Socio-technical Complexes¹; e-mail: trubitsyn.kv@samgtu.ru

Elena P. Tuonosova  <http://orcid.org/0000-0003-3883-6113>

Candidate of Technical Sciences; Associate Professor; Department of Applied Mathematics and Computer Sciences¹; e-mail: alenushka1982@inbox.ru

the level of personnel risks of the customs authority.

Keywords: customs authority, human resource management; official, personnel risk factor, personnel policy; personnel reserve, expert survey; hierarchy analysis method (HAM); personnel risk profile.

Received: Tuesday 8th October, 2024 / Revised: Thursday 7th November, 2024 /
Accepted: Saturday 7th December, 2024 / First online: Tuesday 28th January, 2025

Competing interests: No competing interests.

References

1. Makrusev V.V. Strategy for the development of customs institutions: problematic issues of design and implementation // Bulletin of the University. – 2022. – No. 3. – pp. 15–22. EDN: SBUQHK. (In Russ.)
2. Rozhkova A.Yu. Personnel reserve of customs authorities of the Russian Federation: conceptual foundations and vector of transformation in the context of digitalization // Academic Bulletin of the Rostov branch of the Russian Customs Academy. – 2022. – No. 3 (48). – pp. 14–20. EDN: CPTZDP. (In Russ.)
3. Order of the Government of the Russian Federation "On approval of the Strategy for the development of the customs service of the Russian Federation until 2020" dated 28.12.2012 No. 2575-r. [Electronic resource]. Access mode: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140447/ (accessed: 02.11.2024). (In Russ.)
4. Petruschko E.N., Moskalenko O.A., Shkilev V.V. Conceptual foundations of personnel provision of the unified system of customs authorities of the Russian Federation // Russian Economic Internet Journal. – 2023. – No. 1. EDN: IPKKSC. (In Russ.)
5. Yurmanova E.A., Medvedeva N.S. Digitalization of personnel policy in customs authorities // In the collection of scientific papers: Modern vectors of development of customs affairs and foreign economic activity. – Saratov, 2022. – pp. 46–51. EDN: LUGEGU. (In Russ.)
6. Medvedeva M.V. Personnel support of customs authorities in the context of their digitalization // Scientific notes of the V.B. Bobkov St. Petersburg branch of the Russian Customs Academy. – 2021. – No. 4 (80). – pp. 22–25. EDN: SVALPK. (In Russ.)
7. Trunina E.V., Abramkina M.A. On the problem of forming a personnel reserve for the state civil service // Bulletin of Science and Practice. – 2018. – Vol. 4. – No. 7. – pp. 437–444. EDN: XTTLNV. (In Russ.)
8. Trojan O.A., Peregudova A.S. Personnel planning and career management of customs authorities // In the collection: Economic and managerial congress. Collection of articles based on the materials of the International scientific and practical event of the National Research University "BelSU". – Belgorod, 2021. – pp. 260–263. EDN: TGQUVP. (In Russ.)
9. Rozhkova A.Yu., Kolesnikov N.I. Adaptation of officials hired for the first time in customs authorities: content, features and areas of improvement // Academic Bulletin of the Rostov Branch of the Russian Customs Academy. – 2022. – No. 1 (46). – pp. 152–160. EDN: TMKQTK. (In Russ.)
10. Dolgopолоv O.B., Mikhailova A.V., Senichev V.A. Professional adaptation of graduates of the Russian Customs Academy on the example of the Southern Electronic Customs // Academic Bulletin of the Rostov branch of the Russian Customs Academy. – 2022. – No. 1 (46). – pp. 34–40. EDN: PSOMVZ. (In Russ.)
11. Safonova N.A. Improving professional and ethical standards of customs officers in terms of combating corruption // Bulletin of the Russian Customs Academy. – 2022. – No. 1 (58). – pp. 156–164. EDN: OREFUI. (In Russ.)
12. Kruglov V.N. Vectors and tools for improving personnel management (using the Customs industry as an example) // Management accounting. – 2023. – No. 11–2. pp. 441–447. EDN: WHSGSR. (In Russ.)

13. Yusupova S.Ya. Positioning of personnel support for the activities of electronic declaration centers in the context of strategic changes // Bulletin of the Russian Customs Academy. – 2023. – No. 4 (65). – pp. 44–51. EDN: PLXFXU. (In Russ.)
14. Trubitsyn K.V., Kalmykova O.Yu., Konovalova O.V. Motivational management in customs authorities // Bulletin of Eurasian Science. – 2023. – Vol. 15. – No. 4. EDN: LTHAXO. (In Russ.)
15. Kalmykova O.Yu., Trubitsyn K.V., Konovalova O.V. Formation of emotional competence of customs officials: minimization of personnel risks // Personnel and intellectual resources management in Russia. – 2022. – Vol. 11. – No. 3. – pp. 43–48. EDN: TVBSLU. (In Russ.)
16. Mitrofanov A.E. Socio-economic content and structure of personnel risks in the organization // Bulletin of the Moscow State Regional University. – 2013. – No. 2. – pp. 52. EDN: QZOTIR. (In Russ.)
17. Vodopayanova N.E. Psychodiagnostics of stress. – SPb.: Piter, 2009. – 336 p. ISBN: 978-5-388-00542-7. (In Russ.)
18. Saati T.L. Decision Making: The Analytic Hierarchy Process / Translated from English by R.G. Vachnadze. – Moscow: Radio and svyaz, 1993. – 314 p. ISBN: 5-256-00443-3. (In Russ.)
19. Zhivaeva V.V., Nikolaev V.A., Parfenova S.N., Tuonosova E.P. The method of hierarchy analysis as a tool for planning the quality of professional development of personnel // Quality. Innovations. Education. – 2019. – No. 1 (159). – pp. 10–20. EDN: DUVDTI. (In Russ.)
20. Solova N.V., Kalmykova O.Yu., Tuonosova E.P. Management of professional stress of personnel at the organizational level // Bulletin of Samara University. Economics and Management. – 2024. – Vol. 15. – No. 2. – pp. 230–248. EDN: DCDOGJ. (In Russ.)
21. Dulya I.V., Tsapenko M.V. Selecting a model for inventory management using the hierarchy analysis method // In the collection: Management of organizational and economic systems. Collection of papers of the scientific seminar of students and postgraduates of the Institute of Economics and Management. – Samara, 2024. – pp. 154–157. EDN: TMKAYR.
22. Diligensky N.V., Gavrilova A.A., Tsapenko M.V. Construction and identification of mathematical models of production systems: a tutorial. – Samara: Etching. – 2005. – 126 p. ISBN: 5-473-00189-0. EDN: QRDZHV.
23. Tuonosova E.P. Personnel management of the regional production complex "University - Oil Cluster": dissertation for the degree of candidate of technical sciences // Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Technical University". – 2023. – 208 p. EDN: DPFWFG. (In Russ.)
24. Zamkov O.O., Tolstopiatenko A.V., Cheremnykh Yu.N. Mathematical Methods in Economics: Textbook. 2nd ed. – M.: Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Publishing House "Delo and Servis", 1999. – 368 p. ISBN: 5-86509-054-2. (In Russ.)
25. Dyakonov V.P. MATLAB. Complete tutorial. – M.: DMK Press, 2012. – 768 p. ISBN: 978-5-94074-652-2. (In Russ.)
26. Chen K., Giblin P., Irving A. MATLAB in Mathematical Research / Translated from English by V.E. Kondrashov and S.B. Korolev. – Moscow: Mir, 2001. – 346 p. ISBN: 5-03-002821-8. (In Russ.)
27. Moskalenko O.A., Petruschko E.N., Shkilev V.V. Theoretical and methodological foundations of professional training of federal state civil servants (on the example of the Customs authorities of the Russian Federation) // Bulletin of Eurasian Science. – 2022. – Vol. 14. – No. 3. – pp. 30. EDN: HWURQZ. (In Russ.)