ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА

ISSN 2074-1146

№2(76),2026

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, издается с 2007 года

Учредитель: Санкт-Петербургский Государственный Экономический Университет

Редакционный совет:

И.А. Максимцев – ректор СПбГЭУ, д.э.н., профессор – *председатель совета*;
Е.А. Горбашко – проректор по НР СПбГЭУ, д.э.н., профессор – *заместитель председателя совета;*
Г.В. Лепеш – заведующий кафедрой БНиТ от ЧС СПбГЭУ, д.т.н., профессор – *главный редактор журнала*

Члены редакционного совета:
Я.В.Зачиняев – д.х.н., д.б.н., профессор, профессор кафедры социального и естественнонаучного образования Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург
А.Е. Карлик – д.э.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой экономики и управления предприятиями и производственными комплексами СПбГЭУ, г. Санкт-Петербург;
С.И. Корягин – д.т.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, директор института транспорта и технического сервиса БФУ им. И. Канта, г. Калининград;
В.Н. Ложкин – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС Росси;
В.В. Пеленко – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Теплосиловые установки и тепловые двигатели» Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна;
С.П. Петросов – д.т.н., профессор, заслуженный работник бытового обслуживания, заведующий кафедрой «Технические системы ЖКХ и сферы услуг» института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) «Донского государственного технического университета» (г. Шахты);
П.И. Романов – д.т.н., профессор, директор научно-методического центра координационного совета учебно-методического объединения по области образования «Инженерное дело»., г. Санкт-Петербург;
В.С. Чекалин– д.э.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры государственного и территориального управления СПбГЭУ

Editorial council:

I.A. Maksimcev – rector SPbGEU, doctor of economic sciences, professor – the chairman of the board;
E. A. Gorbashko – vice rector for scientific work SPbGEU, doctor of economic sciences, professor – the vice-chairman of council;
G.V. Lepesh– head of the chair the population and territories Safety from emergency situations SPbGEU, the editor-in-chief of the magazine, doctor of engineering sciences, professor – the editor-in-chief of the scientific and technical journal

Members of editorial council:
Ya.V. Zachinyaev – Doctor of Chemistry, Doctor of Biological Science, professor, professor of department of social and natural-science formation of Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg
A. E. Karlik – doctor of economic sciences, pprofessor, honored worker of science of the Russian Federation, head of chair of Economics and management of enterprises and production complexes SPbGEU, Saint-Petersburg;
S. I. Koryagin – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored worker of higher school of Russian Federation, the director of institute of transport and the BFU technical service of I. Kant, Kaliningrad;
V.N. Lozhkin – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored scientist of Russia, Professor of St. Petersburg University of state fire service of the Ministry of Emergency Situations of Russia;
V. V. Pelenko – Doctor of Engineering Sciences, professor, professor of thermal power plant and Heat Engines department of St. Petersburg State University of industrial technologies and design;
S. P. Petrosov – Doctor of Engineering Sciences, professor, honored worker of consumer services, – head of the chair of "Technical systems of housing and public utilities and a services sector" of institute of services industry and businesses (branch) of "Donskoy of the state technical university" (Shakhty);
P. I. Romanov – Doctor of Engineering Sciences, professor, director scientific and methodical center of higher education institutions of Russia (St. Petersburg state polytechnical university), St. Petersburg;
V.S. Chekalin – Doctor of Economic Sciences, professor, honored worker of science of the Russian Federation, professor of department of the public and Territorial Department SPbGEU

Адрес редакции:

191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А
Для писем: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А, офис. 22.
Электронная версия журнала:
https://unecon.ru/nauka/izdaniya/zhurnal-tehniko-tehnologicheskie-problemy-servisa/e-version/
https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=28520;
тел./факс (812) 3604413; тел**.:** (812) 3684289; +7 921 7512829;
E-mail: *gregoryl@yandex.ru.*

Оригинал макет журнала подготовлен в редакции

СОДЕРЖАНИЕ

ДИАГНОСТИКА И РЕМОНТ

Булатов С.В. Определение ресурсной потребности в эксплуатационных материалах для станций технического обслуживания автомобилей в зависимости от региона ……..3

Сацук И.В. Инструментальный метод диагностирования экологической безопасности пожарных автомобилей с автоматизацией цикла свободного ускорения……7

Чудаков А.В., Менухова Т.А., Грушихин Д.П. Методика автоматизированной визуальной дефектовки контейнерного парка с применением интегрированного программного обеспечения……14

Ложкин В.Н. Контроль опасного загрязнения воздуха поллютантами и парниковыми газами городским транспортом в Санкт-Петербурге по критериям наносимого ущерба……21

Денисов И.В. Зарядная инфраструктура электрического транспорта: к вопросу выбора моделей электрических зарядных станций…26

Великанов Н.Л. Взаимодействие гребного вала промыслового судна с дейдвудными подшипниками……34

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Барыкин С.Е., Лазарев Ю.Г. Моделирование и управление транспортными потоками на основе цифровых двойников……38

Великанов Н.Л., Наумов В.А. Инженерный метод расчета нестационарного процесса перекачивания центробежным насосом……42

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСА

Мелехин А.А., Булавина П.Н. Методика расчета прибыли изготовителя с учетом достигнутого значения коэффициента готовности в условиях контракта жизненного цикла системы ответственного назначения……47

Калязина Е.Г. Построение системы управления проектной организации с применением метода системного анализа и элементов теории множеств…….53

Боркова Е.А., Еловская М.А., Плотников В.А. Цифровая трансформация регионов России: Тренды, лидеры и точки роста в 2025 году…60

Салимьянова И.Г., Дубина И.В. Управление региональной инновационной инфраструктурой в условиях цифровой экономики: особенности и направления совершенствования……66

Алексеев Г.В., Некипелов М.Ю., Гарницкая А.С. Проблемы технико-технологического и цифрового сервиса при трансформации региональной и отраслевой экономики……72

Филонов О.В., Комелова А.Ю. Особенности экспортных поставок нефти и нефтепродуктов из Российской Федерации в условиях санкционного давления……76

Купрякова А.В. Инструменты повышения уровня устойчивого развития регионов Российской Федерации……84

Харламов А.В., Черевко В.Е., Бережных М.А. Развитие экономик стран ЕАЭС в условиях интеграции……96

Андреева Д.А., Кушнаренко А.В., Лунева С.К. Адаптационная устойчивость экономической безопасности Российской Федерации в условиях эскалации геополитических рисков: комплексный анализ и механизмы управления……109

Требования, к материалам, принимаемым для публикации в научно-техническом журнале «Технико-технологические проблемы сервиса»……119

УДК 629.3.083.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ ПОТРЕБНОСТИ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕГИОНА

С.В. Булатов[1]

Оренбургский государственный университет, *Россия,* 460048*, Оренбург, проспект Победы, д.* 149, *литер А*.

В статье применяется оптимальный и эффективный метод определения ресурсной потребности в эксплуатационных материалах для станций технического обслуживания автомобилей в зависимости от региона (Южный, Приволжский и Дальневосточный ФО) с целью его использования в работе логистических систем для материально-технического снабжения. Что существенно повлияло на эффективность работы станций технического обслуживания и удовлетворенность клиентов. Дальнейшая адаптация выбранного метода к местным условиям обеспечит в дальнейшем надежное и качественное обслуживание автомобилей, что, в свою очередь, повысит их конкурентоспособность на рынке.

Ключевые слова: станция технического обслуживания, потребность, эксплуатационный материал, логистика, управление запасами, автомобиль, метод, фактор.

DETERMINATION OF THE RESOURCE REQUIREMENT FOR OPERATIONAL MATERIALS FOR CAR MAINTENANCE STATIONS DEPENDING ON THE REGION

S.V. Bulatov

Orenburg State University, Russia, 460048*, Orenburg, Pobedy Avenue,* 149, *letter A.*

The article uses an optimal and effective method for determining the resource requirements for maintenance materials for car service stations, depending on the region (Southern, Volga, and Far Eastern Federal Districts), in order to use it in logistics systems for material and technical supply. This has significantly improved the efficiency of car service stations and customer satisfaction. Further adaptation of the chosen method to local conditions will ensure reliable and high-quality car maintenance in the future, which will increase their competitiveness in the market.

Keywords: maintenance station, spare parts requirement, logistics, inventory management, vehicle, method, factor.

Введение

Обеспечение станций технического обслуживания (СТО) запасными частями (ЗЧ) и эксплуатационными материалами является ключевым фактором, влияющим на уровень технической готовности автомобилей. В условиях современного автопарка, где количество автомобилей постоянно растет, а требования к их обслуживанию становятся все более высокими, важность эффективного управления запасами не вызывает сомнений. Необходимо рассмотреть методы определения оптимальной потребности в эксплуатационных материалах и их применение для логистической системы СТО в разных регионах [1-4, 9].

Техническая готовность автомобилей напрямую зависит от наличия необходимых эксплуатационных материалов. Если СТО не располагает нужными материалами, это может привести к простоям автомобилей и, как следствие, к снижению качества обслуживания клиентов. Важно отметить, что различные автомобили требуют разных эксплуатационных материалов, и их потребность может варьироваться в зависимости от условий эксплуатации, возраста автомобилей и других не менее важных факторов [5-8, 10].

Необходимо выявить оптимальный метод с целью его использования в работе логистической системы для СТО с учетом региона и

EDN **AQHBVB**

[1]*Булатов Сергей Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, тел.:* +7 950 189 69 93, *e-mail: bul.sergey*2015*@yandex.ru.*

влияния соответствующих факторов на потребность в эксплуатационных материалах. Выбор правильного метода определения потребности может существенно повлиять на эффективность работы СТО и удовлетворенность клиентов. Комбинируя различные методы и адаптируя их к местным условиям, СТО смогут обеспечить надежное и качественное обслуживание автомобилей, что, в свою очередь, повысит их конкурентоспособность на рынке.

Основная часть

Для СТО важно выбрать метод, который будет учитывать специфику региона и условия эксплуатации автомобилей. Важна квалификация сотрудников СТО, чтобы они могли самостоятельно анализировать данные и делать обоснованные выводы для дальнейшего эффективного планирования потребности в эксплуатационных материалах.

Анализ проведенных исследований в области потребности в ЗЧ и эксплуатационных материалах для СТО автомобилей позволил выделить четыре основные группы методов, которые используются для определения этой потребности:

1) Детерминированные методы, которые основываются на обработке числовых массивов данных, которые могут варьироваться по объему: от значительных до сравнительно небольших.

2) Стохастические методы акцентируют внимание на вероятностном характере, как самого прогноза, так и взаимосвязи между различными исследуемыми показателями. С ростом объема эмпирических данных вероятность получения точного прогноза значительно увеличивается.

3) Экспертные методы представляют собой структурированную процедуру, в ходе которой группа экспертов приходит к согласию по определенным вопросам.

4) Нормативные методы основываются на расчете удельных норм расхода ЗЧ и эксплуатационных материалов, которые определяются по весовому признаку. Для этого проводится статистическое исследование по расходу эксплуатационных материалов, и выполняются необходимые расчеты с использованием математического аппарата. В рамках этого подхода исследуется определенная выборка автомобилей, которые эксплуатировались не менее десяти лет в течение календарного года. На основании собранных данных составляются исходные данные, и проводятся расчеты с применением методов математической статистики.

В современных условиях для оценки потребности в эксплуатационных материалах для регионального автопарка существующие методы, о которых шла речь ранее, сталкиваются с серьезными трудностями в практической реализации. Основная проблема заключается в том, что для точного определения потребностей необходимо иметь доступ к обширному массиву технико-экономических показателей, которые должны охватывать как различные типы, так и конкретные модели обслуживаемых автомобилей. Кроме того, требуется постоянный мониторинг расхода эксплуатационных материалов для каждого автомобиля, что в свою очередь требует значительных ресурсов и времени. С учетом изменений в системе хозяйственных связей, касающихся заказов и поставок эксплуатационных материалов, возникла необходимость в разработке новых подходов и методов для нормирования потребности на уровне регионов.

В этой связи в данной работе был выбран весовой метод расчета, который отличается тем, что для начала необходимо создать экономико-математическую модель, предназначенную для расчета потребности на один отдельный автомобиль. После этого модель адаптируется для всего регионального парка, сгруппированного по типам автомобилей. Важно отметить, что условия эксплуатации и техническое состояние автомобилей корректируются с учетом необходимых коэффициентов, что позволяет более точно оценить затраты на эксплуатационные материалы.

Для реализации данной методики, основанной на математической статистике, требуется применять логистический подход к материально-техническому обеспечению (МТО). В результате, нормы потребления эксплуатационных материалов определяются на основе весового критерия. В ходе исследования была проанализирована выборка легковых автомобилей (50 ед.), разделенная на регионы, в которых они эксплуатировались, как в городских условиях, так и пригородных территориях на протяжении 15 лет.

Первая категория – автомобили, эксплуатирующиеся в Южном ФО (г.Краснодар), вторая категория – автомобили, эксплуатирующиеся в Приволжском ФО (г.Оренбург), третья категория – автомобили, эксплуатирующиеся в Дальневосточном ФО (г.Владивосток). Для начала работы с этими данными составляются необходимые исходные данные, после чего проводятся расчеты с использованием методов математической статистики (по формуле Старджеса) [11]:

$$V = (l_{max} - l_{min}) / 1 + 3{,}322\ ln\ n, \quad (1)$$

где l_{max} – максимальная случайная величина;

l_{min} – минимальная случайная величина;

n – объем выборки.

Формула Старджеса используется для определения оптимального числа классов в распределении данных, что позволяет более эффективно организовать информацию и провести анализ. Этот подход обеспечивает более глубокое понимание потребности в эксплуатационных материалах для различных типов автомобилей, что, в свою очередь, способствует более эффективному управлению запасами и улучшению логистики поставок. Таким образом, использование весового метода и математической статистики в данной работе направлено на создание более точной и адаптированной модели для оценки потребности в эксплуатационных материалах на региональном уровне, что является важным шагом к оптимизации материально-технического обеспечения СТО автомобилей.

Для дальнейших действий данные группируются и записываются в виде интервалов $(l_i;l_{i+1})$. Для каждого интервала находятся относительные частоты, которые делятся на объем выборки. Затем вычисляется плотность распределения. На основании данных относительных частот и плотности распределения строится гистограмма распределения частот. Далее посредством метода произведений находятся выборочная средняя $(l_{ср})$ и выборочная дисперсия $(D_в)$. Следующим действием производится проверка гипотезы о предлагаемом законе распределении. Для этого сравниваются эмпирические и теоретические частоты. В данном случае в качестве критерия проверки нулевой гипотезы служит критерий χ^2 Пирсона, определяемый по формуле [11]:

$$\chi^2_{\text{набл.}} = \left(\sum_{i=1}^{7} \frac{(n_i - n_i')^2}{n_i'} \right) \quad (2)$$

где n_i – эмпирические (наблюдаемые) частоты;

n_i' – теоретические частоты.

После выполнения этих вычислений по таблице критических точек с заданным уровнем значимости и числу степеней свободы находится X^2_{KP}. Если выполняется неравенство $X_{набл} < X_{KP}$, то нет оснований отвергать нулевую гипотезу. Если неравенство не выполняется $(X^2_{навл} > X^2_{кр})$, то H_0 отвергается.

Ранее выполненные исследования с помощью математической модели потребности в эксплуатационных материалах для регионального парка автомобилей позволили определить норму потребности по типам автомобилей и по регионам страны.

Результаты исследований

Для каждой категории строим графики, а результирующая кривая выступает в качестве общей средней (рис. 1).

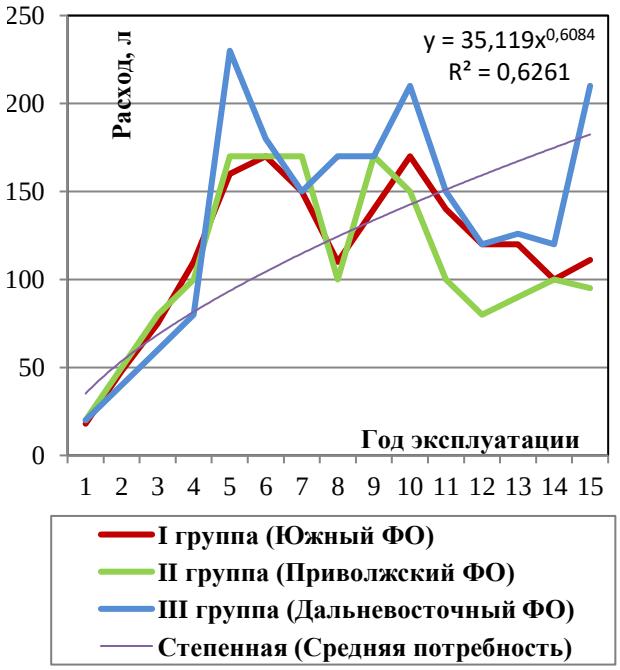

Рисунок 1 – **График ресурсной потребности в эксплуатационных материалах в зависимости от региона**

На основании проведенных расчетов можно определить общую потребность в эксплуатационных материалах для исследуемых регионов (табл. 1).

При моделировании ресурсной потребности в эксплуатационных материалах для различных условий эксплуатации автомобилей данный подход в определении нормативной базы является актуальным.

Заключение

Расчет и анализ потребности для выборки исследуемых автомобилей позволяет выявить оптимальное количество эксплуатационных материалов в зависимости от региона, а также необходимые затраты СТО. Распределение средних значений затрат на ремонтный фонд по СТО автомобилей является важным фактором для статистического планирования. Проведенные исследования в этой области помогут более эффективно управлять затратами на ТО и ремонт. Учет внешних факторов, которые периодически могут меняться и влиять на по-

требность и работу СТО в целом, позволит эффективно управлять логистикой СТО, что существенно повысит конкурентоспособность и качество обслуживания автомобилей.

Таблица 1 – **Общая годовая потребность в эксплуатационных материалах для выборки исследуемых автомобилей**

№ п/п	Наименование	I группа, л.	II группа, л.	III группа, л.	$x_{общ.}$, л.
1	Моторное масло	290	280	340	620
2	Трансмиссионное масло для МКПП	180	120	150	450
3	Трансмиссионное масло для АКПП	165	180	150	495
4	Тормозная жидкость	31	35	28	94
5	Охлаждающая жидкость	480	450	470	1400
6	Масло ГУР	47	40	37	124
7	Масло редуктора	40	34	39	113
8	Масло раздаточной коробки	14	11	12	37
9	Хладагент	35	55	50	140
10	Стеклоомыватель	750	440	760	1950
Итого	**-**	**1742**	**1645**	**2036**	**5423**

Литература

1. Варфоломеев, В.М. Экономико-математическое моделирование в оптимизации функционирования транспортных машин / В.М. Варфоломеев, Н.А. Волошина. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – 160 с.

2. Воронина, И.Ф. Прогнозирование расходов запасных частей на автосервисных предприятиях с использованием корреляционно-регрессионного анализа / И.Ф. Воронина, Ф.М. Судак, А.С. Чернецкий, А.И. Матин // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2019. – № 2(29). – С. 27-34.

3. Воронина, И.Ф. Разработка системы мониторинга материально-технического обеспечения предприятий автосервиса / И.Ф. Воронина, Ф.М. Судак, А.В. Злей // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2018. – № 4(27). – С. 46-52.

4. Корчагин, В.А. Управление транспортно-логистической системой обеспечения запасными частями дилерских автомобильных центров / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.А. Коновалова // Фундаментальные исследования. – № 9 (часть 2). – М., 2014. – С.267-272.

5. Кравченко, А.П. Исследования нарушений работоспособности автомобилей-тягачей VOLVO FH 1242 в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации / А.П. Кравченко, Е.А. Верительник // Вестник СевНТУ. – 2013. – №142. – С. 100-103.

6. Кравченко, А.П. Статистический анализ надежности автомобилей-тягачей MERSEDES-BENZ 1844 ACTROS LS / А.П. Кравченко, Е.А. Верительник // Материалы VII международной научно-технической конференции «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств». – 2012. – С. 188-192.

7. Ременцов, А.Н. Управление запасами запасных частей автотранспортных средств, выполняющих перевозку строительных грузов / А.Н. Ременцов, В.А. Зенченко, П.Б. Фетисов // Технология колесных и гусеничных машин. – 2013. – №5. – С. 41-46.

8. Судак, Ф.М. Оптимизация затрат на управление резервом запасных частей на автосервисных предприятиях / Ф.М. Судак, И.Ф. Воронина, А.В. Еремин, Г.В. Новиков // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2019. – № 2(29). – С. 35-41.

9. Судак, Ф.М. Усовершенствование методики расчета необходимого количества запасных частей на предприятиях автомобильного транспорта / Ф.М. Судак, И.Ф. Воронина, А.И. Заика // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2018. – № 3(26). – С. 44-48.

10. Чечеткина, А.А. Некоторые направления метода оптимизации показателей надежности машин / А.А. Чечеткина, Н.З. Гизатова // Вестник КГТУ. – Красноярск. – 2005. – № 39. – С. 619-624.

11. Akaike, H.A. Bayesian analysis of the minimum AIC procedure / H.A. Akaike // Annals of the Institute of Statistical Mathematics. – 1978. – Vol. 30. – Part A, no. 1. – P. 9-14.

УДК 504.054:614.84:621.43.068.4

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С АВТОМАТИЗАЦИЕЙ ЦИКЛА СВОБОДНОГО УСКОРЕНИЯ

И.В. Сацук[1]

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»,
196105, *Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, д.* 149.

Разработан и апробирован инструментальный метод диагностирования экологической безопасности энергетических установок пожарных автомобилей, основанный на автоматизации цикла свободного ускорения. Применение автоматизированного устройства изменения скоростного режима дизеля обеспечивает снижение коэффициента вариации измерений дымности с 18,1 % до 6,9 %. На основе статистического анализа 41 пожарного автомобиля экологических классов Евро-4 и Евро-5 установлен референсный диапазон дымности 0,12-0,6 м$^{-1}$, превышение которого является критерием предаварийного состояния. Предложен интегральный диагностический показатель, объединяющий отклонения по дымности и мощности.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, дымность отработавших газов, режим свободного ускорения, экологическая безопасность, диагностирование, углеродный след.

INSTRUMENTAL METHOD FOR DIAGNOSING ENVIRONMENTAL SAFETY OF FIRE TRUCKS WITH AUTOMATION OF THE FREE ACCELERATION CYCLE

I.V. Satsuk

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM,
149 *Moskovsky Prospekt, Saint Petersburg,* 196105, *Russia*

An instrumental method for diagnosing the environmental safety of fire truck power units has been developed and tested, based on the automation of the free acceleration cycle. The use of an automated device for changing the diesel engine speed mode reduces the coefficient of variation of exhaust gas opacity measurements from 18.1 % to 6.9 %. Based on statistical analysis of 41 fire trucks of Euro-4 and Euro-5 environmental classes, a reference range of opacity of 0.12-0.60 m^{-1} is established, exceeding which is a criterion for a pre-emergency condition. An integral diagnostic indicator combining deviations in opacity and power is proposed.

Key words: fire truck, exhaust gas opacity, free acceleration mode, environmental safety, diagnostics, carbon footprint.

Вводная часть

Пожарные автомобили (ПА) эксплуатируются в режимах, включающих длительную работу на холостом ходу, движение в форсированных режимах и продолжительную работу на привод пожарного насоса [1, 2]. Указанные режимы, при недостаточном техническом обслуживании, сопровождаются износом цилиндропоршневой группы и топливной аппаратуры, снижением мощности, перерасходом топлива и ростом выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами (ОГ). Выбросы дизельных двигателей, к которым относится большинство силовых установок ПА, содержат мелкодисперсные частицы сажи (черный углерод). На поверхности этих частиц адсорбируются полициклические ароматические углеводороды, в том числе бенз(α)пирен, обладающие канцерогенной активностью [3, 4]. Согласно данным государственного доклада [5], в крупных промышленных центрах, включая города Красноярского края, многолетнее загрязнение атмосферного воздуха связано, в том числе, с выбросами автотранспортной техники.

Существующие методики расчёта выбросов от передвижных источников базируются на усреднённых коэффициентах и не в полной мере учитывают реальные эксплуатационные режимы специальной техники [6, 7]. Для дизельных двигателей основным нормируемым параметром при оценке конструктивной и экологической безопасности в эксплуатации является дымность ОГ на режиме свободного ускорения (СУ). Данный параметр служит интегральной характеристикой качества сгорания топлива и

EDN **FMDDPX**

[1]*Сацук Иван Владимирович – адъюнкт кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства, тел.* +7 (923) 359-63-62*, e-mail: kviteren@gmail.com, ORCID:* 0009-0000-9465-6278.

косвенным показателем эмиссии вредных веществ [8, 9]. Процедура измерений, установленная ГОСТ 33997–2016, предусматривает ручное перемещение педали топливоподачи. Как показано в работе [10], такой подход приводит к вариабельности результатов: коэффициент вариации при ручном управлении может достигать 15-20 %, что снижает достоверность выявления начальных стадий деградации систем нейтрализации ОГ (сажевых фильтров, систем селективной каталитической нейтрализации) [11].

С увеличением пробега закономерно возрастает износ деталей цилиндропоршневой группы и топливной аппаратуры, что приводит к росту дымности ОГ [12, 13]. Однако в существующих методах диагностирования этот фактор не учитывается, оценка производится путём сравнения с фиксированным нормативным значением (1,5 м$^{-1}$ согласно ГОСТ 33997–2016), что не позволяет отделить нормальный эксплуатационный износ от неисправностей. Исключение составляют единичные работы, в которых предпринимаются попытки связать выбросы с накопленной наработкой [14], однако эти подходы разработаны для транспортных средств общего назначения и не учитывают специфику ПА (наличие стационарного режима работы на привод насоса).

Влияние внешних условий на эмиссионные характеристики дизелей исследовано в ряде работ. Показано, что увеличение высоты над уровнем моря (снижение атмосферного давления) приводит к ухудшению процесса сгорания и росту дымности [15, 16]. Установлено, что пусковые режимы и режимы прогрева при пониженных температурах сопровождаются увеличением эмиссии угарного газа, углеводородов и оксидов азота [17, 18]. Объектами указанных исследований являлись преимущественно серийные грузовые автомобили, специфика эксплуатации ПА (частые перепады нагрузок, длительная стационарная работа) не рассматривалась.

Большинство существующих методов диагностирования ориентированы на выявление грубых неисправностей (отказ форсунок, износ топливного насоса высокого давления) и не позволяют проводить количественную оценку эффективности систем нейтрализации ОГ [19, 20]. При диагностировании по дымности, как отмечено в [21], не учитывается взаимосвязь между процессом сгорания и фактической мощностью, развиваемой двигателем на режиме СУ, хотя ухудшение качества сгорания должно проявляться одновременно в росте дымности и снижении углового ускорения коленчатого вала. Отсутствие комплексных диагностических моделей снижает информативность контроля и не позволяет идентифицировать причины отклонений.

Таким образом, эксплуатация ПА сопряжена с экологическими рисками, а современные экологические классы предъявляют жёсткие требования к эффективности систем нейтрализации ОГ. Существующие инструментальные методы контроля дымности характеризуются недостаточной воспроизводимостью, не учитывают влияние накопленного пробега и не позволяют раздельно оценивать техническое состояние двигателя и его систем нейтрализации. Отсутствуют научно обоснованные референсные диапазоны дымности для парка ПА экологических классов Евро-4 и Евро-5. Цель настоящего исследования – разработка и апробация метода диагностирования экологической безопасности энергетических установок ПА, основанного на автоматизации цикла свободного ускорения и количественной оценке референсных значений дымности отработавших газов.

Теория, методика и результаты исследования

Дымность ОГ дизельного двигателя представляет собой физическую величину, характеризующую поглощение светового потока частицами сажи [3, 4]. В условиях эксплуатации ПА основным нормируемым режимом контроля выступает режим свободного ускорения (СУ), при котором двигатель разгоняется от минимальной частоты вращения коленчатого вала n_{min} до максимальной n_{max} при резком нажатии педали топливоподачи без внешней нагрузки [8]. На режиме СУ работа двигателя подчиняется уравнению динамического равновесия (1):

$$M_i(\omega) - M_f(\omega) = J_\Sigma \cdot \varepsilon, \qquad (1)$$

где M_i (ω) – индикаторный крутящий момент, развиваемый газами в цилиндрах, Н·м;

$M_f(\omega)$ – момент сил трения и внутренних потерь, Н·м;

J_Σ – суммарный приведённый момент инерции вращающихся и возвратно-поступательно движущихся масс энергетической установки, кг·м^2;

ε – угловое ускорение коленчатого вала, рад/с^2.

В отличие от установившихся режимов, на СУ основная доля индикаторной работы расходуется на разгон инерционных масс. Мощность, развиваемая двигателем на режиме СУ ($N_{СУ}$), вычисляется по формуле (2):

$$N_{СУ} = J_\Sigma \cdot \varepsilon \cdot \omega + k_{тр} \cdot \omega^2, \qquad (2)$$

где $k_{тр}$ – обобщённый коэффициент вязкого трения, Н·м·с.

Суммарный приведённый момент инерции J_Σ определяется как сумма моментов инерции отдельных элементов, приведённых к оси коленчатого вала (3):

$$J_{\Sigma} = \cdot J_{кв} + J_{м} + J_{шп} + J_{сц} + J_{пв}, \quad (3)$$

где $J_{кв}$ – момент инерции коленчатого вала;

$J_{м}$ – момент инерции маховика;

$J_{шп}$ – приведённый момент инерции шатунно-поршневой группы;

$J_{сц}$ – приведённый момент инерции сцепления;

$J_{пв}$ – приведённый момент инерции первичного вала коробки передач.

Значения указанных моментов инерции определяются по геометрическим параметрам и плотностям материалов деталей, что позволяет проводить расчёты без разборки двигателя. Диагностический принцип заключается в том, что любые неисправности, ведущие к изменению качества сгорания топлива (износ форсунок, снижение давления впрыска, закоксовывание клапана системы рециркуляции выхлопных газов, деградация катализатора), вызывают рост дымности ОГ и одновременно снижают угловое ускорение ε и фактическую мощность $N_{СУ}$ относительно паспортной внешней скоростной характеристики [9, 21].

Для экспериментальной проверки предложенных теоретических положений проведено исследование парка основных и специальных ПА ГПС МЧС России по Красноярскому краю [5]. Выборка сформирована из 41 автомобиля экологических классов Евро-4 и Евро-5 годов выпуска 2015-2020 с двигателями ЯМЗ, Cummins 6ISBe210, Cummins ISB6.7E5310 и ISUZU, проходивших плановое техническое обслуживание в ООО «Краевой УралАвтоЦентр» в течение 2023 года. Пробег автомобилей варьировался от 12 000 до 380 000 км. Для регистрации дымности ОГ использован портативный дымомер «МЕТА-01 МП 0.1».

Для исключения человеческого фактора разработано автоматизированное устройство изменения скоростного режима дизеля (АУИСРД), обеспечивающее программируемое перемещение педали топливоподачи за время 0,4±0,05 с. Схема измерительного комплекса представлена на рис. 1.

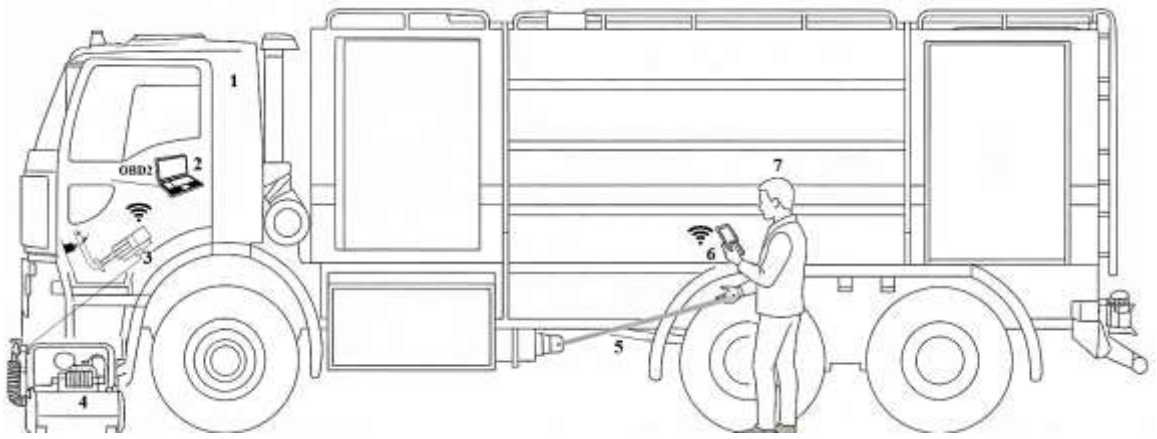

Рисунок 1 – **Схема измерительного комплекса с АУИСРД**:
1 – диагностируемый ПА; 2 – программно-аппаратный модуль для считывания информации с электронного блока управления двигателем; 3 – АУИСРД; 4 – пневмокомпрессор;
5 – измеритель дымности ОГ; 6 – компьютер для взаимодействия с АУИСРД;
7 – испытатель-диагност

Для количественной оценки влияния АУИСРД на воспроизводимость результатов проведены серии измерений на автомобиле АЦ-6,0-40 (5557) с пробегом 16 272 км в двух режимах: ручное управление педалью водителем и автоматизированное с использованием АУИСРД. Результаты представлены на рис. 2.

При ручном управлении разброс значений составляет от 0,22 до 0,41 м$^{-1}$, причём наблюдается явный выброс (0,41 м$^{-1}$), что свидетельствует о нестабильности процедуры, связанной с человеческим фактором. При автоматизированном управлении разброс сужается до диапазона 0,27-0,33 м$^{-1}$, выбросы отсутствуют, медианное значение приближается к среднему. Статистическая значимость различий подтверждена F-тестом Фишера. Таким образом, автоматизация цикла СУ обеспечивает принципиальную возможность верификации начальных стадий деградации систем нейтрализации ОГ, которые проявляются в изменениях дымности и ранее были неразличимы на фоне вариабельности, вносимой водителем.

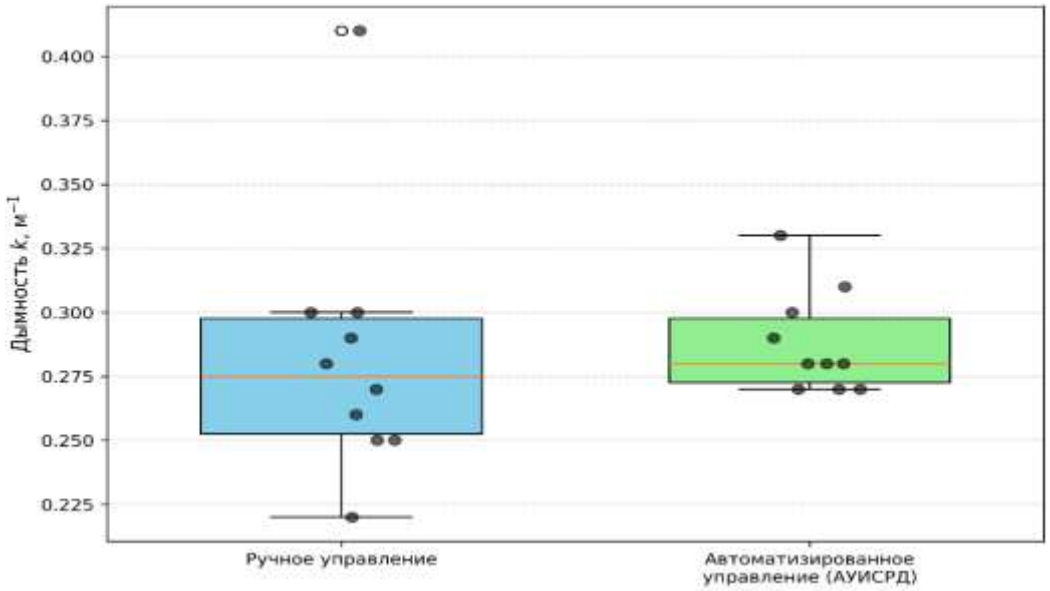

Рисунок 3 – **Сравнение разброса значений дымности ОГ при ручном и автоматизированном управлении**

На следующем этапе проведён статистический анализ распределения дымности ОГ на режиме СУ по всей выборке из 41 технически исправного ПА. Проверка гипотезы о нормальности распределения по критерию Колмогорова–Смирнова дала расчётный уровень значимости p = 0,735, математическое ожидание μ = 0,36 м$^{-1}$, стандартное отклонение σ = 0,08 м$^{-1}$. Плотность нормального распределения представлена на рис. 3.

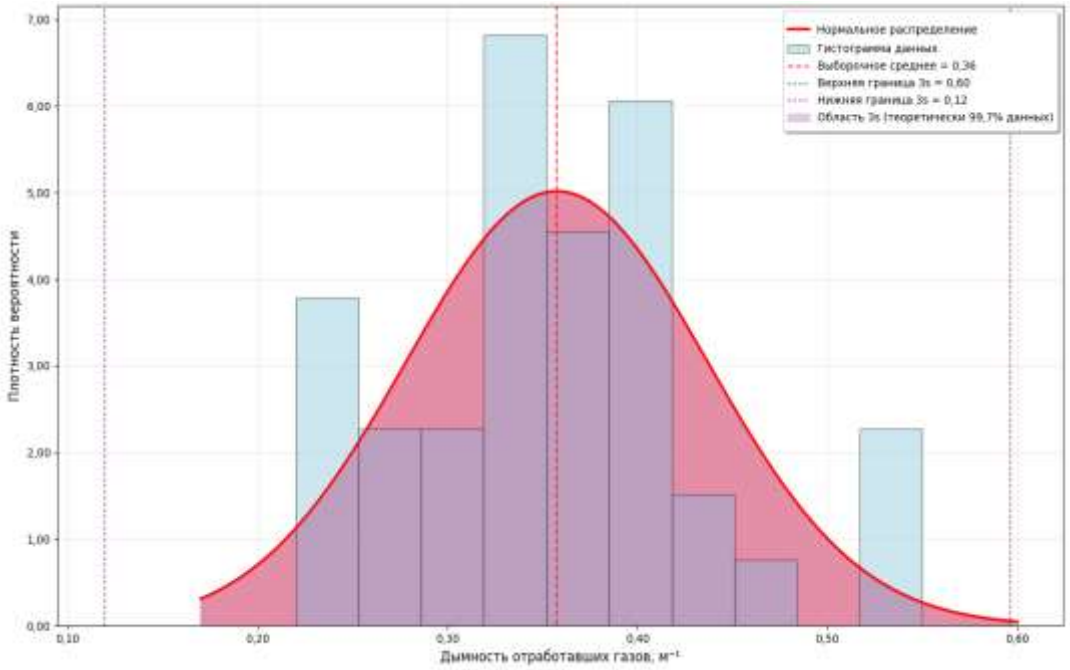

Рисунок 3 – **Плотность нормального распределения вероятности дымности ОГ дизелей ПА стандартов Евро-4 и Евро-5 на режиме СУ**

Из графика видно, что распределение имеет классический колоколообразный вид с максимумом при k = 0,36 м$^{-1}$. В соответствии с правилом «трёх сигм» интервал μ ± 3σ охватывает 99,73 % значений. Это позволило установить референсный диапазон дымности для исправных ПА: $k_{реф} \in [0{,}12;0{,}60]$ м$^{-1}$. Превышение верхней границы этого диапазона с вероятностью 99,73 % указывает на наличие неисправности. На основе полученных данных разработана матрица диагностических порогов (табл. 1).

Таблица 1 – **Диагностические пороги дымности ОГ на режиме СУ**

Состояние энергетической установки	Диапазон k, м⁻¹	Рекомендуемое действие
Технически исправное	до 0,60	Плановое обслуживание
Предаварийное	0,61 – 1,49	Углублённая диагностика
Аварийное	≥ 1,50	Запрет эксплуатации

Важно отметить, что предложенный порог 0,60 м⁻¹ существенно ниже нормативного значения 1,50 м⁻¹, установленного ГОСТ 33997–2016, что позволяет выявлять предаварийные состояния на ранней стадии.

Для выявления зависимости дымности ОГ от накопленного износа проведён регрессионный анализ. В качестве независимой переменной принят общий пробег $S_{общ}$ (км), объединяющий пробег по спидометру и приведённую наработку пожарного насоса (1 час работы насоса эквивалентен 40 км пробега). Методом наименьших квадратов получено уравнение линейной регрессии (4):

$$k_s = \cdot 2{,}58 \cdot 10^{-6} \cdot S_{общ} + 0{,}281, \quad (4)$$

Коэффициент детерминации равный 0,73 указывает, что 73 % вариации дымности объясняется изменением пробега. Это означает, что для каждого автомобиля может быть рассчитана индивидуальная норма дымности с учётом его фактического пробега. Коэффициент регрессии показывает, что каждые 100 000 км пробега приводят к росту дымности примерно на 0,26 м⁻¹.

Для комплексной оценки технического состояния энергетической установки предложен интегральный диагностический показатель D, вычисляемый по формуле (5):

$$D = \max\left(0, \frac{k_{факт} - k_s}{k_s}\right) + \frac{N_{пасп} - N_{СУ}}{N_{пасп}}. \quad (5)$$

Первое слагаемое в (5) обнуляется при $k_{факт} \le k_s$, так как дымность ниже расчётного уровня не считается дефектом. Второе слагаемое всегда неотрицательно. Алгоритм диагностирования с использованием показателя D представлен в виде блок-схемы на рис. 6. Как следует из алгоритма, на первом этапе измеряется дымность и рассчитывается расчётное значение по пробегу, на втором определяется фактическая мощность на режиме СУ, на третьем вычисляется показатель D и на четвёртом по матрице диагностических признаков (табл. 2) принимается решение о техническом состоянии.

Таблица 2 – **Матрица диагностических признаков**

Сочетание отклонений	$k_{факт} > k_s$	$k_{факт} \le k_s$
$N_{СУ} \ge N_{пасп}$	Снижение эффективности систем нейтрализации ОГ	Технически исправное состояние
$N_{СУ} < N_{пасп}$	Комплексная неисправность	Износ цилиндро-поршневой группы, неисправности топливной аппаратуры

Матрица позволяет дифференцировать четыре основных состояния: технически исправное (отклонения отсутствуют), снижение эффективности систем нейтрализации ОГ (повышена дымность при нормальной мощности), износ ЦПГ или неисправности топливной аппаратуры (снижена мощность при нормальной дымности), комплексная неисправность (отклонены оба параметра).

Апробация метода проведена на двух ПА, находящихся в реальной эксплуатации. Результаты измерений и расчётов сведены в табл. 3.

Для автомобиля АЦ-3,2-40/4 (43253) фактическая дымность составила 0,55 м⁻¹, что на 52 % выше расчётного значения k_s = 0,36 м⁻¹, а фактическая мощность на режиме СУ оказалась на 14 % ниже паспортной. Показатель D = 0,66 указал на предаварийное состояние. Для второго автомобиля отклонения незначительны (D = 0,01), что соответствует технически исправному состоянию. На основании диагностического заключения для первого автомобиля проведено углублённое диагностирование, которое выявило углеродные отложения на клапане EGR. После механической очистки и программной адаптации повторные измерения показали снижение дымности до 0,38 м⁻¹, рост фактической мощности до 151 кВт и уменьшение показателя D до 0,04. Этот результат подтверждает чувствительность метода к деградации систем нейтрализации ОГ и его пригодность для выявления предаварийных состояний.

На основе полученных результатов выполнена количественная оценка экологического воздействия парка дизельных ПА Красноярского края. Годовая наработка, соответствующая режиму свободного ускорения, принята равной 570 часов (доля 0,4 от общего интенсивного времени эксплуатации). Удельные выбросы сажи и оксидов азота для парка ПА экологических классов Евро-4 и Евро-5 составили

1,11 г/час и 8,9 г/час соответственно. Выбросы CO_2 рассчитаны на основе среднего расхода дизельного топлива (15 л/ч) и коэффициента эмиссии 3,15 кг CO_2 на 1 кг топлива. Результаты расчёта представлены в табл. 4.

Таблица 3 – **Результаты апробации метода**

Параметр	**АЦ-3,2-40/4 (43253)**	**АЦ-3,2-40/4 (43265)**
Двигатель	Cummins 6ISBe210	Cummins ISB6.7E5310
Пробег, км	31 404	15 073
$k_{факт}$, м$^{-1}$	0,55	0,30
k_S, м$^{-1}$	0,36	0,32
Отклонение по дымности, %	+52	–6
$N_{СУ}$, кВт	132	224
Отклонение по мощности, %	–14	–1
Показатель D	0,66	0,01
Диагноз	Предаварийное состояние	Исправное состояние

Таблица 4 – **Оценочный годовой объем выбросов от парка дизельных ПА Красноярского края**

Загрязняющее вещество	**Удельный выброс (г/час)**	**Годовой объем выбросов, тонн**	**Вклад в углеродный след, тонн**
Сажа (PM)	1,11	0,153	459
Оксиды азота (NOx)	8,9	1,22	323
Диоксид углерода (CO_2)	47 400	6 511	6 511
ИТОГО CO_2-эквивалент	-	-	7 293

Как следует из табл. 4, годовой углеродный след парка составляет 7 293 тонны CO_2-эквивалента. Основной вклад (89 %) вносит прямой выброс CO_2. Вклад сажи и оксидов азота в пересчёте на CO_2-эквивалент составляет соответственно 459 т и 323 т, или 6,3 % и 4,4 % от общего следа. Сажа (черный углерод) обладает значительным потенциалом глобального потепления (ПГП = 3000 на 20-летнем горизонте), что объясняет её существенный вклад при относительно небольшой массе выброса. Снижение нормируемого порога дымности с действующего значения 1,50 м$^{-1}$ до предложенного референсного уровня 0,60 м$^{-1}$ позволяет пропорционально уменьшить выбросы сажи и, соответственно, углеродный след парка ПА.

Заключение

В результате выполнения теоретических и экспериментальных исследований разработан и апробирован инструментальный метод диагностирования экологической безопасности энергетических установок ПА, основанный на автоматизации цикла свободного ускорения с использованием АУИСРД. Получены следующие основные результаты.

- уточнённая физико-математическая модель работы двигателя на режиме СУ, описываемая уравнениями (1)-(3), устанавливает прямую связь между дымностью ОГ, фактической мощностью и угловым ускорением коленчатого вала, что создаёт теоретическую основу для безразборного диагностирования энергетических установок по измеряемым параметрам;

- применение АУИСРД обеспечивает снижение коэффициента вариации измерений дымности с 18,1 % до 6,9 % (рис. 2), что является статистически значимым и необходимым условием для достоверного обнаружения начальных стадий деградации систем нейтрализации отработавших газов;

- впервые для парка ПА экологических классов Евро-4 и Евро-5 на основе статистического анализа 41 автомобиля установлено, что распределение дымности отработавших газов на режиме свободного ускорения подчиняется нормальному закону с математическим ожиданием;

- обоснован референсный диапазон технически исправного состояния $k_{реф} \in [0{,}12;0{,}60]$ м$^{-1}$ превышение верхней границы которого предложено в качестве критерия предаварийного состояния;

- выявлена регрессионная модель зависимости дымности ОГ от общего пробега, описываемая уравнением (4), которая позволяет рассчитывать индивидуальную норму дымности для каждого автомобиля с учётом его фактического пробега;

- предложен интегральный диагностический показатель D, вычисляемый по формуле (5);

-разработана матрица диагностических признаков (табл. 2), позволяющие дифференцировать неисправности систем нейтрализации отработавших газов от неисправностей цилиндропоршневой группы и топливной аппаратуры;

- выполнена количественная оценка экологической нагрузки парка дизельных ПА Крас-

ноярского края (табл. 4), в ходе которого установлено, что годовой углеродный след составляет 7 293 тонны CO_2-эквивалента.

Литература

1. Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Гавкалюк Б.В. Методические подходы контроля промышленной санитарно-гигиенической безопасности транспортных и стационарных дизельных установок в Арктике // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2019. – № 2 (50). – С. 58-64.
2. Онищенко И.А. Постановка и результаты экспериментально-расчетных исследований опасного локального загрязнения воздуха выбросами автотранспорта в условиях экстремально низких температур // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2021. – № 3 (59). – С. 130-135.
3. Ramanathan V., Carmichael G. Global and regional climate changes due to black carbon // Nature Geoscience. – 2008. – Vol. 1. – P. 221-227. – DOI: 10.1038/ngeo156.
4. Bond T.C., Doherty S.J., Fahey D.W., Forster P.M., Berntsen T., DeAngelo B.J., Flanner M.G., Ghan S., Kärcher B., Koch D., Kinne S., Kondo Y., Quinn P.K., Sarofim M.C., Schultz M.G., Schulz M., Venkataraman C., Zhang H., Zhang S., Bellouin N., Guttikunda S.K., Hopke P.K., Jacobson M.Z., Kaiser J.W., Klimont Z., Lohmann U., Schwarz J.P., Shindell D., Storelvmo T., Warren S.G., Zender C.S. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. – 2013. – Vol. 118. – P. 5380-5552. – DOI: 10.1002/jgrd.50171.
5. Об утверждении заключения об актуализации сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха в городском округе Красноярск: приказ Минприроды России от 06.05.2020 № 231. – М., 2020. – 62 с.
6. Донченко В.В., Кунин Ю.И., Рузский А.В., Виженский В.А. Методы расчёта выбросов от автотранспорта и результаты их применения // Журнал автомобильных инженеров. – 2014. – № 3 (86). – С. 44-51.
7. Донченко В.В., Чижова В.С. Современные подходы к оценке выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом: состояние, проблемы и пути решения // Научный вестник автомобильного транспорта. – 2022. – № 1 – С. 5-12.
8. ГОСТ 33997–2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации. Методы проверки. – М.: Стандартинформ, 2016. – 104 с.
9. Ложкин В.Н. Теоретические основы и практика диагностики эколого-пожароопасных аварийных режимов эксплуатации каталитических систем автотранспорта // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1-2 (80). – С. 74-80. – DOI: 10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-74-80.
10. Zheng Y.M., Xie L.B., Liu D.Y., Ji J.L., Li S.F., Zhao L.L., Zen X.H. Emission characteristics of heavy-duty vehicle diesel engines at high altitudes // Journal of Applied Fluid Mechanics. – 2023. – Vol. 16, No. 12. – P. 2329–2343. – DOI: 10.47176/jafm.16.12.1981.
11. Сацук И.В., Ложкин В.Н. Роботизированная диагностика чрезвычайно-опасных режимов эксплуатации двигателей пожарных машин в парадигме интеллектуализации транспортных систем // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2024. – № 4 (70). – С. 23-26.
12. Liu Z., Liu J. Investigation of the effect of altitude on in-cylinder heat transfer in heavy-duty diesel engines based on an empirical model // Journal of Energy Resources Technology. – 2022. – Vol. 144, No. 11. – P. 112303. – DOI: 10.1115/1.4054493.
13. Meng Z., Liu Z., Liu J. Investigation of in-cylinder combustion deterioration of diesel engines in plateau regions // Fuel. – 2022. – Vol. 324. – P. 124824. – DOI: 10.1016/j.fuel.2022.124824.
14. Wang X., Ge Y.S., Yu L.X., Feng X.Y. Comparison of combustion characteristics and brake thermal efficiency of a heavy-duty diesel engine fueled with diesel and biodiesel at high altitude // Fuel. – 2013. – Vol. 107. – P. 852-858. – DOI: 10.1016/j.fuel.2013.01.060.
15. Benjumea P., Agudelo J., Agudelo A. Effect of altitude and palm oil biodiesel fuelling on the performance and combustion characteristics of a HSDI diesel engine // Fuel. – 2009. – Vol. 88, No. 4. – P. 725-731. – DOI: 10.1016/j.fuel.2008.10.011.
16. Li Z., Zhang Q., Zhang F., Liang H. Experimental investigation of the effect of altitude on efficiency and emissions of a diesel engine // Thermal Science. – 2024. – Vol. 28, No. 2C. – P. 1621-1634. – DOI: 10.2298/TSCI230227194L.
17. Weilenmann M., Favez J.-Y., Alvarez R. Cold-start emissions of modern passenger cars at different low ambient temperatures and their evolution over vehicle legislation categories // Atmospheric Environment. – 2009. – Vol. 43. – P. 2419-2429. – DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.12.014.
18. Xu H., Yu S. The combustion and emission characteristics of a common-rail diesel engine fueled with biodiesel-methanol blends at high altitude // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2025. – Vol. 39, No. 10. – P. 6363-6369. – DOI: 10.1007/s12206-025-0960-4.
19. Трофименко Ю.В., Чижова В.С. Обоснование мероприятий по снижению риска здоровью от загрязнения воздуха взвешенными частицами размером менее десяти микрометров (PM10) на улично-дорожной сети городов // Экология и промышленность России. – 2019. – № 7. – С. 48-51.
20. Kochurov B.I., Glukhovskaya M.Yu., Garitskaya M.Yu., Evstifeeva T.A. On methodological approaches to determining the carbon footprint // Theoretical and Applied Ecology. – 2023. – No. 4. – P. 216-224. – DOI: 10.25750/1995-4301-2023-4-216-224.
21. Ложкин В.Н., Сацук И.В. Роботизированная диагностика чрезвычайно-опасных режимов эксплуатации двигателей пожарных машин в парадигме интеллектуализации транспортных систем // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2024. – № 4 (70). – С. 23-26.

УДК 656

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ ДЕФЕКТОВКИ КОНТЕЙНЕРНОГО ПАРКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

А.В. Чудаков[1], Т.А. Менухова[2], Д.П. Грушихин[3]

Санкт-Петербургский Горный университет императрицы Екатерины II, 199106*, г Санкт-Петербург*,21*-я линия Васильевского острова,* 2-4/45*Г.*

Статья посвящена разработке и обоснованию методики автоматизированной визуальной дефектовки контейнерного парка на основе интегрируемого программного обеспечения. В работе рассматривается программный прототип, реализованный в формате веб-приложения и использующий модели компьютерного зрения для выявления внешних повреждений контейнеров и распознавания их идентификационных номеров, демонстрирующий практическую реализуемость предложенной методики и её пригодность для дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: контейнерный парк; грузовые перевозки; дефектовка контейнеров; автоматизированный визуальный контроль; компьютерное зрение; нейронные сети YOLO; распознавание номера контейнера (EasyOCR); интегрируемое программное обеспечение.

AUTOMATED VISUAL DEFECT DETECTION METHOD FOR CONTAINER FLEET USING INTEGRATED SOFTWAR

A.V. Chudakov, T.A. Menukhova, D.P. Grushikhin

St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II, 199106, *St. Petersburg*, 21*st line of Vasilievsky Island*, 2-4/45*G*

The article is devoted to the development and justification of a methodology for automated visual defect detection of the container fleet based on integrated software. The paper considers a software prototype implemented as a web application and using computer vision models to identify external container damages and recognize their identification numbers, demonstrating the practical feasibility of the proposed methodology and its suitability for further pilot operation.

Keywords: container fleet; freight transportation**;** container defect detection; automated visual inspection; computer vision; YOLO neural networks; container number recognition (EasyOCR); integrated software.

Тенденции развития отрасли контейнерных перевозок

В последние годы контейнерные перевозки считаются наиболее перспективным и развивающимся направлением глобальной транспортной системы, обеспечивающим обращение широкой номенклатуры грузов в международной торговле [1]. По оценкам международных организаций и исследовательских агентств мировой рынок контейнерных перевозок демонстрирует устойчивый рост с прогнозируемыми среднегодовыми темпами роста порядка 2,5 – 4% в среднесрочной перспективе, что связано как с расширением внешнеторговых потоков, так и с продолжающейся контейнеризацией грузов. При этом, существенный вклад в стабильный рост рынка вносит Азиатско-Тихоокеанский регион, где сосредоточена значительная часть производственных мощностей и ключевых портовых хабов, обслуживающих основные логистические коридоры по всему миру [2].

Российский рынок контейнерных перевозок развивается в условиях структурной перестройки транспортно-логистических цепочек и переформатирования внешнеторговых направлений [3]. На фоне геополитических ограничений наблюдается значительное перераспределение грузопотоков, при этом, например, доля контейнерных отправок железнодорожным транспортом в России стабильно растет с 2022 года. Экспертные оценки указывают на сохраняющийся значительный потенциал дальнейшего роста объемов контейнеризации за счёт развития терминальной инфраструктуры [4], привлечения новых ресурсов и инвесторов, расширения мультимодальных схем доставки, в том

EDN FEUJNJ

[1]*Чудаков Алексей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail:* 9213864343*@mail.ru;*

[2]*Менухова Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент, e-mail: menukhovat@yandex.ru;*

[3]*Грушихин Дмитрий Павлович – ассистент ученого, студент 4 курса, e-mail: dm.grush5@yandex.ru.*

числе с опорой на восточное направление и альтернативные морские маршруты.

Важнейшим фактором изменения рынка выступает смешанная цифровизация и автоматизация логистических процессов [5]. В современном мире транспортные и логистические операторы активно внедряют системы управления перевозками [6], аналитические платформы, решения на основе искусственного интеллекта и интернета вещей, направленные на оптимизацию контейнерных потоков, повышение прозрачности цепочек поставок и сокращение операционных издержек [7].

По данным на начало 2026 года объём контейнерных перевозок продолжает расти, транспортные цепочки удлиняются, что усиливает требования к надёжности контейнерного парка и прозрачности информации о его техническом состоянии. На практике это проявляется в необходимости оперативно фиксировать повреждения, следы коррозии, пробоины и другие дефекты, возникающие в процессе перевозок и погрузочно-разгрузочных операций, а также пересылать данные о состоянии контейнеров в единое информационное пространство участников перевозочного процесса, формируя интеллектуальную транспортно–логистическую сеть. Одновременно с этим сохраняется зависимость от трудоёмких, субъективных и слабо регламентированных процедур визуального контроля, что ограничивает возможности масштабирования и стандартизации диагностики контейнерного парка [8].

В этом контексте особую актуальность приобретают различные технологические решения, обеспечивающие оперативный контроль технического состояния контейнерного парка и интегрируемые в существующую информационную инфраструктуру, включая системы автоматизированного визуального анализа [9].

Рассматриваемая в данной работе система для анализа внешнего вида и технического состояния морских и железнодорожных грузовых контейнеров ориентирована на решение именно этой задачи. Ее использование позволяет рассматривать дефектовку не как эпизодическую регламентную процедуру, а как встроенный элемент технологической системы проверки состояния контейнеров, обеспечивающий регулярное, качественное и документируемое наблюдение за состоянием контейнерного парка.

Целью исследования является разработка алгоритма программы для системы автоматизированного визуального анализа технического состояния и внешнего вида грузовых контейнеров морского и железнодорожного транспорта в условиях действующих информационных систем операторов и терминалов.

Проблемные аспекты определения технического состояния контейнерного парка

Проблематика обеспечения надёжной дефектовки контейнеров носит комплексный характер и затрагивает как технологические, так и организационно-правовые аспекты [10]. Контейнер, проходя через несколько этапов транспортного цикла (приёмка, погрузка, перевалка, выгрузка, хранение, возврат порожнего), многократно подвергается механическим и климатическим воздействиям [11]. На каждом из этих этапов могут возникать повреждения по различным причинам: от локальных вмятин и пробоин вследствие некачественной или неосторожной погрузки-разгрузки до повреждений лако–красочного покрытия и развития коррозии в результате нарушения условий хранения и перевозки. При этом существующие процедуры контроля нередко ориентированы на формальное подтверждение пригодности контейнера к дальнейшей эксплуатации, а не на детальную фиксацию его технического состояния с привязкой к конкретным операциям и участникам цепочки [12].

Кроме того, существенной проблемой является несоответствие документированной информации о контейнере его фактическому состоянию [13]. В ряде случаев осмотр выполняется без должного внимания к деталям: инспектор ограничивается беглой оценкой, не имея возможности тщательно обследовать все наружные поверхности, крышу, нижнюю часть контейнера, элементы запорно-пломбировочного устройства и читаемость маркировки [14]. Отдельные дефекты могут маскироваться загрязнением, быть слабо различимыми при недостаточной освещённости или неблагоприятных погодных условиях. В результате в официальных документах контейнер может числиться исправным, тогда как на его корпусе уже присутствуют повреждения, потенциально влияющие на герметичность, безопасность перевозки или сохранность груза [15].

Дополнительную сложность создаёт отсутствие унифицированных подходов к визуальной фиксации дефектов. Даже когда выполняется фото- или видео-фиксация, она часто проводится в произвольных ракурсах, без стандартизированных требований к качеству, освещению, масштабу и зонам съёмки [16]. Это затрудняет последующее отслеживание происхождения повреждений и их сравнительный анализ во времени. Снимки могут храниться локально, на разных носителях и в разных форматах, не иметь привязки к идентификатору контейнера, к номеру рейса, станции или терминала, времени и типу операции. В такой ситуации визуальная ин-

формация утрачивает доказательственную ценность и не может служить основой для объективной дефектовки и своевременного ремонта [17].

Не менее значимым ограничением выступает человеческий фактор. Квалификация инспектора технического состояния контейнеров, выполняющего осмотр, может существенно различаться на разных контейнерных площадках [18]. Нагрузка на инспекторов высока, а время, отводимое на осмотр каждого контейнера, может меняться в зависимости от загруженности контейнерной площадки. При интенсивных погрузочно-разгрузочных операциях инспектор вынужден принимать решения в условиях дефицита времени, наличия шума, различных перемещений техники и людей. Это повышает вероятность неполного обнаружения дефектов (ложно-отрицательные оценки), а также гипертрофированной трактовки (ложно-положительные оценки), когда незначительные повреждения трактуются как критические [19]. В итоге одни и те же дефекты могут оцениваться специалистами по-разному, что ведёт к непредсказуемости решений при таком субъективном подходе.

К проблемам технологического характера добавляются информационные ограничения. Во многих случаях результаты осмотров фиксируются в виде свободного текстового описания или отметок в ведомостях без стандартизированного перечня признаков дефектов, их локализации и степени влияния на эксплуатационные характеристики контейнера [20]. Такая форма представления данных затрудняет дальнейшую аналитическую обработку, построение статистики отказов и повреждений, формирование моделей устаревания контейнерного парка. Отсутствие структурированных данных не позволяет в полной мере реализовать подходы предиктивной аналитики, для корректного прогнозирования остаточного эксплуатационного ресурса контейнерного парка и оптимизации его последующей ремонтной программы [21].

Наконец, важной проблемой выступает интеграция процедур дефектовки в цифровую среду современных транспортно-логистических систем [22]. Во многих случаях контроль осуществляется как «параллельный» процесс, слабо связанный с основными информационными потоками: данные об осмотре не попадают в централизованные базы в машиночитаемом виде, не используются в системах управления перевозками, бронирования и планирования основных операций. Это приводит к тому, что даже при наличии отдельных фото-материалов и формальных отчётов по осмотрам контейнеров эффект от их использования оказывается ограниченным [23].

Все перечисленные обстоятельства в совокупности формируют устойчивый запрос на переход от фрагментарной, вручную осуществляемой дефектовки к системному, автоматизированному и стандартизированному контролю технического состояния контейнеров. Особенно актуальным такой переход становится на этапах погрузки - разгрузки, когда контейнер подвергается максимальному числу воздействий, а скорость принятия решений критична для соблюдения графиков и минимизации простоев. В этих условиях программные решения, использующие методы компьютерного зрения для анализа фотоматериалов, рассматриваются как одно из ключевых направлений развития технологий дефектовки и мониторинга состояния контейнерного парка [24].

Описание созданной программы для системы нейросетевого визуального контроля контейнеров

В качестве практической реализации предложенного подхода можно рассмотреть программу автоматизированного визуального контроля технического состояния контейнерного парка, реализованную в программной среде Python. Данное решение функционирует в формате отдельного веб-приложения. После запуска программы инспектору предоставляется доступ к интерфейсу по логину и паролю. Такой формат организации доступа позволяет интегрировать программу как в инфраструктуру терминала, так и в рабочие места персонала, непосредственно задействованного в погрузочно-разгрузочных операциях и доставке контейнеров. Основной функциональный сценарий работы предполагает загрузку пользователем фотоматериалов с изображением контейнера через веб-интерфейс. После прикрепления фотографий осуществляется автоматизированный анализ технического состояния контейнера с использованием нейросетевой модели типа YOLO, настроенной на распознавание характерных внешних дефектов: вмятин, пробоин, коррозии и повреждений лако–красочного покрытия. На основе результатов обработки изображений система формирует заключение о наличии или отсутствии повреждений, а также, при необходимости, о типах выявленных в ходе анализа недостатков. Таким образом, процедура дефектовки переводится в формат формализованного анализа, минимизирующего влияние субъективного фактора. Дополнительно в программу встроен функциональный компонент оптического распознавания символов, реализованный на базе нейросетевой модели EasyOCR. Данный компонент обеспечивает автоматическую расшифровку идентификационного номера контей-

нера по его изображению, что позволяет однозначно соотнести результаты визуального анализа с конкретной единицей контейнерного парка без ручного ввода требуемых реквизитов. Все полученные данные, включая результаты дефектовки, распознанный номер контейнера и сопутствующие служебные сведения, фиксируются в структурированном виде и передаются в базу данных. Это обеспечивает возможность дальнейшего накопления информации о техническом состоянии контейнеров, её аналитической обработки и интеграции с внешними информационно-учётными системами.

Роль нейросетевых технологий в дефектовке контейнерного парка

В разработанном прототипе для обнаружения дефектов контейнеров используется сверточная нейронная сеть семейства YOLO, реализующая подход однопроходной идентификации объектов и предназначенная для анализа изображений. В отличие от классических методов, основанных на последовательном переборе фрагментов фотоматериала, YOLO анализирует снимок контейнера целиком за один проход, что обеспечивает высокую скорость обработки и возможность практического применения в условиях реальных погрузочно-разгрузочных операций. В рамках работы исходное изображение контейнера нормируется по размеру и подаётся на вход нейросетевой модели, которая разбивает его на фрагменты и для каждой его части определяет параметры потенциальных областей с объектами: координаты ограничивающих рамок, вероятность наличия дефекта и принадлежность к одному из заранее заданных классов повреждений. На завершающем этапе применяется процедура подавления совпадений, позволяющая устранить дублирующиеся рамки и оставить для каждого обнаруженного дефекта один наиболее достоверный вариант ответа. Схема работы сверточной нейросети на базе модели YOLO представлена на рисунке 1.

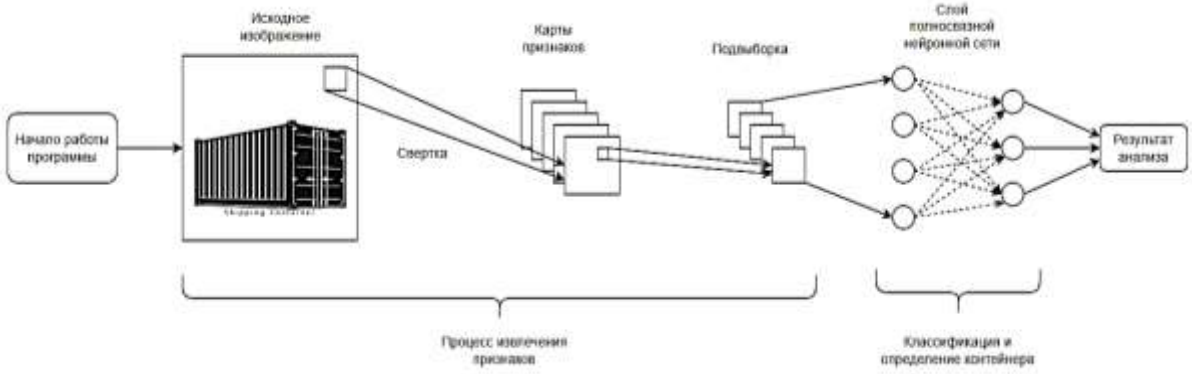

Рисунок 1 – **Обобщенная схема работы сверточной нейросети на базе модели YOLO** [составлено авторами]

В результате прототип формирует набор локализованных областей с указанием типа дефекта и степени уверенности модели, который далее используется для принятия решения о техническом состоянии контейнера [25]. Для автоматизированной идентификации контейнера в системе применён функциональный компонент оптического распознавания символов, построенный на базе нейросетевой библиотеки EasyOCR. После загрузки пользователем фотографии контейнера, помимо анализа повреждений, выполняется определение и выделение области с маркировкой и номером контейнера, которая затем подаётся на вход модели EasyOCR. Она предварительно приводит фрагмент изображения к нормализованному виду, используя масштабирование, коррекцию контраста и шумоподавление, после чего с помощью сверточно-рекуррентной архитектуры извлекает последовательность символов, составляющих идентификационный номер. Распознанный номер контейнера подвергается базовой проверке по формату (в нашем случае, соответствие структуре буквенно-цифрового кода), после чего используется как идентификационный ключ для привязки результатов дефектовки к конкретной единице контейнерного парка [26]. Таким образом, в рамках одного технологического цикла программа одновременно решает две взаимосвязанные задачи: локализацию и классификацию дефектов на изображении (модуль YOLO) и автоматическую идентификацию контейнера по его маркировке (модуль EasyOCR). Сформированные сведения — набор обнаруженных дефектов с координатами и типами, а также распознанный номер — сохраняются в структурированном виде и передаются в базу данных, обеспечивая накопление истории технического состояния контейнеров [27].

Обкатка программного обеспечения в реальных условиях

В 2026 году разработанная программа была апробирована в работе специализированного контейнерного перевозчика ООО «Контейнерный транзит» (г. Санкт-Петербург, Россия), осуществляющего автомобильную доставку контейнеров по схемам порт–грузополучатель и ж/д терминал–грузополучатель [28]. Система автоматизированного визуального анализа была согласована с программой развития основных технологических процессов предприятия, и программа в тестовом режиме на 15 дней была встроена в ключевые транспортные операции компании.

По результатам наблюдения выяснилось, что в среднем перевозчик обрабатывает около 3 заявок в сутки, что соответствует приблизительно 3 погрузочно-разгрузочным операциям, при этом ранее инспектор затрачивал порядка 24 минут на площадке на осмотр контейнера, фиксацию номера и передачу данных ответственному сотруднику. В рамках апробации программы выполнен статистический анализ ряда показателей [29], включая корректность работы алгоритмов распознавания, изменение временных затрат на обработку грузов и обусловленный этим экономический эффект. Основные результаты внедрения программы в технологические процессы компании представлены в таблице 1.

Таблица 1 – **Основные результаты внедрения программы в организации ООО «Контейнерный транзит»** [составлено авторами]

День апробации	**Количество погрузок - разгрузок в день, ед.**	**Количество правильных определений, ед.**	**Затраты времени до апробации программы, мин**	**Затраты времени после апробации программы, мин**
1	3	3	25	15
2	2	2	27	13
3	4	3	21	12
4	3	3	24	15
5	3	3	28	14
6	4	3	25	17
7	1	1	21	14
8	1	1	23	13
9	2	2	26	15
10	1	1	22	15
11	3	3	24	18
12	2	2	23	16
13	1	1	28	18
14	5	3	26	14
15	1	1	23	15
Рассчитанные значения	Итого 36	Итого 32	Ср. арифм. 24,36	Ср. арифм.14,9

При проведении анализа полученных результатов сделан вывод, что средняя результативность работы программы составила порядка 88%. На основе замеров времени установлено, что внедрение программы позволило снизить трудозатраты персонала на операции, связанные с осмотром и описанием контейнеров в ходе погрузочно-разгрузочных процессов. В частности, средняя продолжительность нахождения водителя на площадке при выполнении визуального контроля и заполнении документации по заданным параметрам уменьшилась с 24 до 15 минут, то есть примерно на 38%, что можно расценивать как значимый позитивный эффект в контексте дальнейшего масштабирования и отладки предлагаемого программного решения [30]. График времени, затрачиваемого на дефектовку контейнерного парка в практике, представлен на рисунке 2.

Заключение

Выполненное исследование ориентировано на повышение объективности и оперативности определения технического состояния контейнерного парка за счёт перехода от ручной, эпизодической дефектовки к системе автоматизированного визуального контроля. В работе отмечены ключевые ограничения действующей практики осмотра контейнеров, основанной на субъективной оценке и неполной фиксации дефектов, и обоснована необходимость интеграции результатов контроля в единый цифровой контур управления контейнерным парком. В качестве практической реализации предложенного подхода разработана интегрируемая веб-ориентированная программа, включающая функциональный компонент нейросетевой детекции внешних повреждений (на основе моделей типа YOLO) и компонент автоматического распознавания идентификационных номеров

контейнеров (EasyOCR) с последующей фиксацией данных в базе. Апробация программы в условиях деятельности специализированного контейнерного перевозчика подтвердила ее практическую применимость, позволив одновременно обеспечить корректность выявления дефектов и сократить временные затраты персонала на операции осмотра и документирования.

Рисунок 2 – **График времени, затрачиваемого на дефектовку контейнерного парка** [составлено авторами]

Полученные результаты исследования являются основой для дальнейшего развития системы интеллектуального мониторинга контейнерного парка и ее интеграции в более широкий спектр цифровых сервисов транспортно-логистической отрасли. В перспективе подобные программные решения могут стать частью комплексных систем предиктивного управления ремонтом, где на основе накопленных визуальных и эксплуатационных данных формируются прогнозы деградации конструктивных элементов контейнеров и оптимизируются графики их обслуживания. Интеграция модулей автоматизированной дефектовки с платформами мониторинга перевозок, системами управления складской и терминальной инфраструктурой, а также с сервисами страховой и претензионной работы позволит формировать сквозную «цифровую историю» контейнера, повышать прозрачность взаимодействия участников логистической цепочки и снижать совокупные риски и потери при эксплуатации контейнерного парка.

Литература

1. Чудаков, А. В. Организационно-производственные структуры технической эксплуатации : учебное пособие / А. В. Чудаков. – Санкт-Петербург: Медиапапир, 2025. – 114 с. – ISBN 978-5-00110-538-1. – EDN HOXPHB.
2. Баженов, А. А. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства: Учебное пособие / А. А. Баженов, А. В. Чудаков. – Санкт-Петербург : Медиапапир, 2025. – 80 с. – ISBN 978-5-00110-544-2. – EDN HIERCD.
3. Вьюшкова А.А., Терентьев А.В., Менухова Т.А. Методологический аспект при выборе оптимальной схемы доставки груза // Инновации на транспорте и в машиностроении. сборник трудов IV международной научно-практической конференции. 2016. С. 36-37. EDN: XFGWIP
4. J-hong Chen, Jun Ye, Chenglin Zhuang, Quande Qin, Yaqing Shu. Liner shipping alliance management: Overview and future research directions. Ocean & Coastal Management. 2022; Volume 219: 106039. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106039
5. Сафиуллин, Р. Н. Системный подход к эффективному применению интеллектуальных транспортных технологий в функциональной диагностике элементов и устройств транспортных средств / Р. Н. Сафиуллин, А. Ф. Залюбовский, К. В. Сорокин // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2024. – № 2(68). – С. 56-63. – EDN BLEPZY.
6. Менухова Т.А. Автоматизация оперативного управления междугородными грузовыми автомобильными перевозками // Записки Горного института. 2015. Т. 211. С. 80-85. EDN: RRLAUM
7. Mingzhu Yu, Haoran Yang, Yaofeng Zhou, Xiaofan Lai. International multimodal transportation optimization considering bulk cargo containerization. Computers & Operations Research. 2025; Volume 182: 107095. https://doi.org/10.1016/j.cor.2025.107095
8. Dmitry Radoushinsky, Alexandra Radushinskaya, Mark Khaykin. Improving the quality of implementation of the container transportation project along

the NSR based on the environmental and energy transition agenda. Polar Science. 2023; Volume 35: 100923. https://doi.org/10.1016/j.polar.2022.100923

9. Балагазинов, И. К. Автоматизация контейнерных перевозок / И. К. Балагазинов, Н. В. Фролова // Наука XXI века: опыт прошлого - взгляд в будущее: Материалы Международной научно-практической конференции, Омск, 12 апреля 2015 года / Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). – Омск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)", 2015. – С. 186-190. – EDN TYXAVR.

10. Мустафаев, Э. А. Контейнерные перевозки: классификация, особенности таможенных операций и контроля / Э. А. Мустафаев // НОВЫЙ ПУТЬ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ: ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ, ИННОВАЦИОННОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: сборник статей Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 23 декабря 2017 года. Том Часть 2. – Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2017. – С. 4-9. – EDN XWGUAW.

11. Матвеев А.Г., Менухова Т.А. Подход по учету параметров при применении методов выбора альтернатив в условиях неопределенности // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 1-1 (80). С. 119-124. EDN: FJBOSV. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-119-124.

12. Зуб, И. В. Автоматизация терминальных комплексов по перегрузке крупнотоннажных контейнеров / И. В. Зуб, Ю. Е. Ежов, В. Л. Щемелев // Наука, общество, образование: актуальные вопросы, достижения и инновации: монография. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 199-214. – EDN DDCIST.

13. Menukhova T.A., Borodina Y.V. Intelligent system for centralized freight traffic planning // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Issue 7 Transportation of Mineral Resources. 2018. С. 072008. EDN: AWJRLX. DOI: 10.1088/1755-1315/194/7/072008

14. Покровский, А. В. Анализ проблематики балансировки контейнерных перевозок в транзитных коридорах / А. В. Покровский // Техника и технология транспорта. – 2025. – Т. 36, № 1. – EDN NRTXMT.

15. Терешина, Н. П. Трансформация логистических процессов российских контейнерных операторов в условиях санкционного давления / Н. П. Терешина, С. Н. Кузнецов // Концептуальные проблемы экономики и управления на транспорте: взгляд в будущее: Труды Международной научно-практической конференции, Москва, 20 октября 2022 года / Отв. редактор В.А. Подсорин. – Москва: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2022. – С. 323-325. – EDN FKPDKW.

16. Bychkaylo, I. A. Potential for the Development of International Transport Corridors in Current Market Conditions / I. A. Bychkaylo // BRICS Transport. – 2024. – Vol. 3, No. 3. – DOI 10.46684/2024.3.5. – EDN PVIMWV.

17. Покровская, О. Д. О логистике грузовых терминалов - терминалистике - в условиях антироссийских санкций / О. Д. Покровская // Проблемные ситуации на море и защита интересов сторон: Материалы VII Санкт-Петербургского морского форума, Санкт-Петербург, 25 мая 2024 года. – Санкт-Петербург: Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2024. – С. 98-105. – EDN NNUKSL.

18. Трансформация морской контейнерной логистики России под влиянием пандемии и санкционных ограничений / И. В. Шарова, Д. В. Швандар, Н. Ю. Алтунян, К. В. Сирацкая // Вестник евразийской науки. – 2025. – Т. 17, № S5. – EDN ZHMUNA.

19. Транспорт. Тенденции развития современной науки: Материалы научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета: в 2 частях, Липецк, 14–18 апреля 2018 года. Том Часть 2. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2018. – 197 с. – ISBN 978-5-88247-883-3. – EDN XWJHPV.

20. Спесивцева, Д. В. Использование новых технологий в грузоперевозках / Д. В. Спесивцева, Б. А. Либерман // Транспорт. Тенденции развития современной науки: Материалы научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета: в 2 частях, Липецк, 14–18 апреля 2018 года. Том Часть 2. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2018. – С. 69-70. – EDN XWJHXN.

21. Шаповалова, М. А. Сетевое моделирование системы таможенных услуг, предоставляемых в морских портах / М. А. Шаповалова, П. Н. Афонин // Экономические отношения. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 647-660. – DOI 10.18334/eo.9.2.40679. – EDN XWPANQ.

22. Россия в глобальной экономике: новые вызовы и угрозы: Материалы научной конференции молодых ученых, Москва, 22 ноября 2018 года. – Москва: Институт экономики Российской академии наук, 2019. – 110 с. – ISBN 978-5-9940-0647-4. – EDN VLJTYE.

23. Васильев, Д. И. Развитие транспортной логистики на основе интеграции с другими видами транспорта / Д. И. Васильев, Д. Т. Мынбаев // Образование - наука - производство: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Чита, 12 ноября 2023 года. – Чита: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 354-364. – EDN PEZIDM.

24. Транспорт. Тенденции развития современной науки: материалы научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета, Липецк, 14–18 апреля 2018 года. Том Часть 1. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2018. – 199 с. – ISBN 978-5-88247-882-6. – EDN XWHSCT.

25. Людаговская, М. А. Возможности применения гибридных нейросетей на железнодорожном транспорте / М. А. Людаговская // Студенческий вестник: актуальные вопросы науки и образования: Сборник студенческих научных работ. – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2023. – С. 54-57. – EDN MFYTVW.

26. Козенко, К. Ю. Применение сверточных искусственных нейросетей в сельском хозяйстве / К. Ю. Козенко // Орошаемое земледелие. – 2023. – № 2(41). – С. 45-48. – DOI 10.35809/2618-8279-2023-1-14. – EDN LFWTCM.

27. ЛазБагаев, И. И. Анализ понятий нейронная сеть и сверточная нейронная сеть, обучение сверточной нейросети при помощи модуля TensorFlow / И. И. Багаев // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2020. – Т. 8, № 1. – С. 15-22. – DOI 10.18503/2306-2053-2020-8-1-15-22. – EDN IZBILN.
28. Voronenko, A. K. Specifics and main trends in the development of container transportation through the ports of Russian Far East / A. K. Voronenko // Asia-Pacific Journal of Marine Science & Education. – 2020. – Vol. 10, No. 2. – P. 5-10. – EDN DAMBIE.
29. Разработка эффективной логистической системы материально-технического обеспечения с учётом принятия решений, устойчивых к изменению входных данных / Р. Н. Сафиуллин, В. Н. Киселев, В. Г. Немтин, Е. А. Овчинников // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2016. – Т. 4, № 5-3(25-3). – С. 347-352. – EDN WZQDXZ.
30. Керимов, М. А. Методологический подход к формированию и оценке системы автоматизированного контроля транспортных средств / М. А. Керимов, Р. Н. Сафиуллин, И. В. Ворожейкин // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 1(60). – С. 246-252. – EDN YGRXDV.

УДК 656(1-21):504.3.054:338.14

КОНТРОЛЬ ОПАСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПОЛЛЮТАНТАМИ И ПАРНИКОВЫМИ ГАЗАМИ ГОРОДСКИМ ТРАНСПОРТОМ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ПО КРИТЕРИЯМ НАНОСИМОГО УЩЕРБА

В.Н Ложкин[1]

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Россия, 196105, *Санкт-Петербург, Московский проспект, д.* 149.

Разработан подход к контролю опасного загрязнения воздуха городским транспортом по критериям ожидаемых некомпенсируемых ущербов. Приведены оценки накопления сажи, оксидов серы, азота, углерода и углеводородов в натуральных и денежных показателях.

Ключевые слова: городской транспорт, опасное загрязнение, ущерб, контроль, некомпенсируемые издержки.

CONTROL OF HAZARDOUS AIR POLLUTION BY POLLUTANTS AND GREENHOUSE GASES FROM URBAN TRANSPORT IN ST. PETERSBURG BASED ON DAMAGE CRITERIA

V.N. Lozhkin

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM, 149 *Moskovsky Prospekt*, *Saint Petersburg*, 196105, *Russia*

An approach is developed to control hazardous air pollution by pollutants and greenhouse gases from urban transport based on the criteria of expected uncompensated damages. Estimates of the accumulation of soot, sulfur oxides, nitrogen oxides, carbon and hydrocarbons in physical and monetary terms are presented.

Key words: urban transport, hazardous air pollution, pollutants, greenhouse gases, damage, control, uncompensated costs.

Введение

Проблема контроля выбросов загрязняющих веществ от городского транспорта находится в центре современных экологических и экономических исследований. Согласно обобщающей работе Hellweg et al. [1], глобальная экологическая повестка определяется так называемым «тройным планетарным кризисом», включающим изменение климата, утрату биоразнообразия и загрязнение среды обитания. Вклад транспорта в каждый из этих компонентов, как отмечается в [2], продолжает расти, несмотря на ужесточение экологических норм. При этом большинство существующих работ (например, [3, 4]) сосредоточены либо на эмиссионных характеристиках отдельных видов техники, либо на валовых выбросах

EDN **HVFPQL**

[1]*Ложкин Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства, тел.* +7 (812) 369-55-18, *e-mail: vnlojkin@yandex.ru.*

без привязки к конкретным реципиентам ущерба.

Для крупных городов транспорт является доминирующим источником приземных загрязнений. Kaushik и Das [5] на примере Дели экспериментально показали, что снижение интенсивности движения в период карантина привело к уменьшению концентраций NO_2 и бензола в 2-3 раза. Этот феномен указывает на прямую количественную связь между транспортной работой и уровнями загрязнения. Однако, как обосновано в [6], в условиях Санкт-Петербурга эта связь модифицируется метеорологическими факторами – температурными инверсиями, скоростью ветра и турбулентными потоками, что создает необходимость в адаптации методов контроля к местным условиям.

В странах Европейского союза для компенсации экологических ущербов от транспорта применяется концепция «внешних издержек» (external costs), которая позволяет переводить натуральные показатели выбросов в денежные [7]. В работах [8, 9] показано, что подобный подход может быть адаптирован для российских городов, однако существующие реализации (например, проект «External costs of transport in St. Petersburg», 1999-2003) используют устаревшие эмиссионные коэффициенты и не учитывают все виды городского транспорта, включая электрический.

Отдельной проблемой является учет косвенных выбросов от электрического транспорта через генерацию электроэнергии. Как отмечено в [10], без такого учета сравнение экологической эффективности разных видов тяги становится некорректным. Кроме того, в литературе отсутствуют единые методики оценки ущерба для таких реципиентов, как здоровье населения, потери сельского и лесного хозяйства, коррозия инфраструктуры и климатические изменения, в комплексе.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки единой методологической базы контроля опасного загрязнения атмосферы городским транспортом, интегрирующей расчеты выбросов, модели рассеивания и оценку некомпенсируемого ущерба для всех основных видов транспорта с учетом региональных особенностей Санкт-Петербурга.

Теория, методика и результаты исследования

Объектом исследования выбран Санкт-Петербург как город, в котором функционируют все основные виды наземного и подземного городского транспорта: легковые и грузовые автомобили, автобусы, трамваи, троллейбусы, электропоезда (включая метрополитен). В соответствии с данными [8], вклад перечисленных видов транспорта в суммарный выброс поллютантов составляет не менее 95 % (водный транспорт исключен ввиду его незначительного вклада в приземное загрязнение селитебных зон).

Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ (твердые частицы — ТЧ, оксиды азота NOx, оксид углерода CO, углеводороды CH, диоксид серы SO_2, диоксид углерода CO_2) выполнялся по методике Copert [7], адаптированной к структуре парка Санкт-Петербурга. Для электрических видов транспорта объемы эмиссии определялись косвенным методом — через удельные выбросы теплоэлектроцентралей, работающих на природном газе, в эквиваленте расхода электроэнергии на единицу транспортной работы [9].

Методология оценки ущерба базируется на концепции «некомпенсируемых издержек» [8], согласно которой экологический ущерб, не включенный в рыночную стоимость транспортных услуг, должен компенсироваться административными мерами. На рис. 1 представлена схема формирования негативного эффекта.

Рисунок 1 – **Схема маршрута отслеживания негативного эффекта от выбросов городского транспорта**

Анализ схемы на рис. 1 позволяет выделить три ключевых звена: источник эмиссии (транспортное средство), процесс переноса и трансформации загрязнителей в атмосфере, и, наконец, реципиентов ущерба (население, инфраструктура, экосистемы, климат). Такой подход отличается от традиционных санитарно-гигиенических оценок тем, что он замыкается на конкретных экономически измеримых последствиях.

На рис. 2 показана детализированная связь между выбрасываемыми веществами и

основными факторами негативного воздействия.

Из данных, представленных на рис. 2, следует, что одно и то же вещество (например, ТЧ) может одновременно влиять на здоровье населения (канцерогенный эффект), вызывать «почернение» фасадов зданий и вносить вклад в потепление климата (черный углерод). Это обстоятельство требует оценки ущерба по каждому фактору отдельно с последующим суммированием.

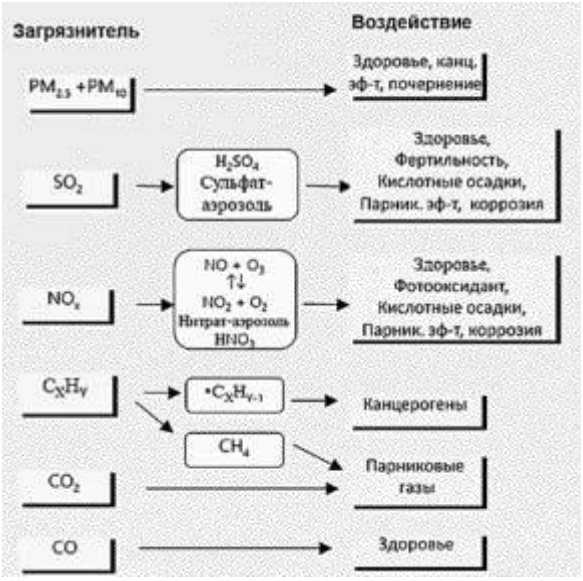

Рисунок 2 – **Связь транспортных выбросов с факторами негативного воздействия**

Последовательность стоимостной оценки ущерба приведена на рис. 3.

Как показано на рис. 3, расчет выполняется в три этапа. На первом этапе на основе транспортной работы определяются валовые выбросы. На втором этапе выбросы связываются с натуральными показателями ущерба (случаи заболеваний, потери урожая, увеличение затрат на реставрацию). На третьем этапе выполняется перевод в денежные единицы с использованием региональных коэффициентов.

Для прогнозной оценки до 2030 года сформулированы четыре сценария изменения структуры парка и видовой структуры перевозок:

1. Базовый сценарий (2012 год): сохранение существующих тенденций, доля газомоторного топлива – 1,5-3 %.

2. Умеренный: доля газомоторного топлива — 30 %, доля автомобилей экологических классов 4-6 – 54-56 %.

3. Социально-ориентированный: доля газомоторного топлива — 11 %, увеличение доли общественного транспорта на 12 %.

4. Технологический: полный перевод парка на автомобили 6-го экологического класса.

На первом этапе выполнена оценка удельного ущерба (в денежном выражении), приходящегося на 1 км пробега для различных видов городского транспорта. Результаты представлены на рис. 4.

Рисунок 3 – **Порядок выполнения стоимостной оценки ущерба от выбросов ГТ**

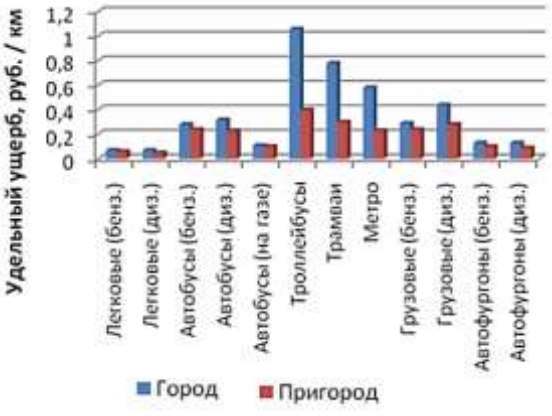

Рисунок 4 – **Стоимостное выражение ущерба от загрязнения атмосферного воздуха, приходящегося на 1 км пробега ГТ**

Из рис. 4 видно, что максимальный удельный ущерб (более 0,05 евро/км) создают дизельные грузовые автомобили и автобусы

старых экологических классов. Легковые автомобили с бензиновыми двигателями имеют ущерб на порядок ниже. Электрические виды транспорта (трамвай, троллейбус) характеризуются минимальным прямым ущербом — менее 0,005 евро/км, однако при косвенном учете выбросов электростанций их ущерб возрастает примерно в 1,5-2 раза. Этот вывод согласуется с данными [9].

На следующем этапе выполнено прогнозное снижение выбросов по четырем сценариям. В табл. 1 представлены расчетные значения снижения массы выбросов (тыс. т) для каждого сценария относительно базового уровня 2012 года.

Таблица 1 – **Уменьшение выбросов ГТ вредных веществ в атмосферу Санкт-Петербурга к 2030 году при четырех сценариях, тыс. т**

Вещество	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4
ТЧ	34	74	120	237
NO_x	1 146	115	9 925	12 808
CO	318	2770	2800	2 805
CH	14 176	27 087	125 730	131 607
CO_2	1 908	3 610	20 569	20 959
SO_2	123 531	194 618	1 141 988	1 309 469

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, даже базовый сценарий 1 (консервативная эволюция) дает снижение выбросов твердых частиц на 34 тыс. т и оксидов азота на 1 146 тыс. т. Во-вторых, сценарий 4 (полный переход на 6-й экологический класс) обеспечивает максимальное снижение по всем веществам, особенно по ТЧ (237 тыс. т) и NOx (12 808 тыс. т). В-третьих, снижение выбросов CO_2 варьирует от 1908 тыс. т (сценарий 1) до 20 959 тыс. т (сценарий 4), что составляет 9-98 % от базового уровня соответственно.

На рис. 5 показано распределение снижения выбросов по видам транспорта.

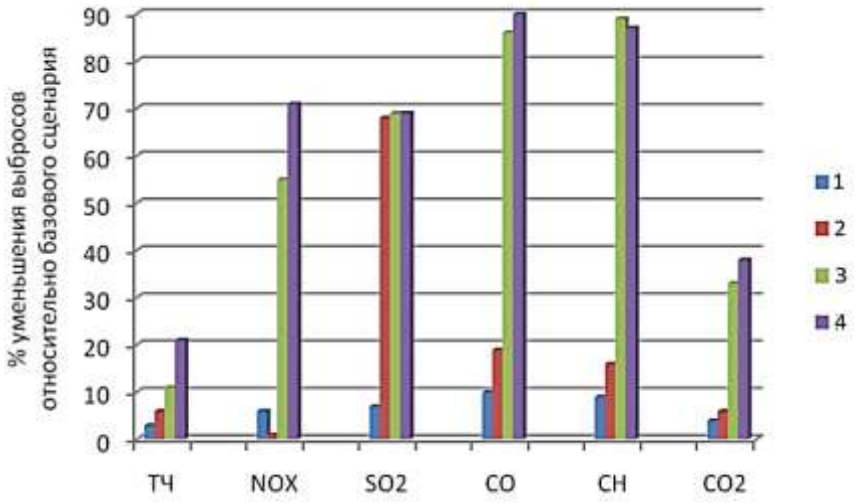

Рисунок 5 – **Уменьшение выбросов ГТ загрязняющих веществ к 2030 году по видам транспорта**

Из рис. 5 следует, что основной вклад в снижение выбросов (более 60 % для всех сценариев) вносят легковые автомобили и автобусы. Трамваи и троллейбусы дают вклад менее 5 % ввиду их малой доли в общем парке. Существенный вклад (до 20-25 % по сценарию 4) вносят грузовые автомобили, что объясняется их высокой удельной эмиссией на 1 км пробега.

Заключительным этапом выполнена оценка снижения денежного выражения ущерба (внешних издержек). Результаты представлены на рис. 6.

Как видно из рис. 6, даже при консервативном сценарии 1 к 2030 году ожидается снижение годового ущерба примерно на 1,1 млрд руб. (в ценах 2024 года). Сценарии 2 и 3 дают сокращение ущерба на 2,5-3,4 млрд руб. в год. Максимальный эффект достигается при реализации сценария 4: снижение ущерба составляет 86,2 % от базового уровня 2012 года, что эквивалентно примерно 245 млн евро в год (или 22,5 млрд руб. по курсу 2024 года). Полученные результаты свидетельствуют о том, что инвестиции в обновление парка до экологического

класса 6 окупаются не только экологическим, но и прямым экономическим эффектом.

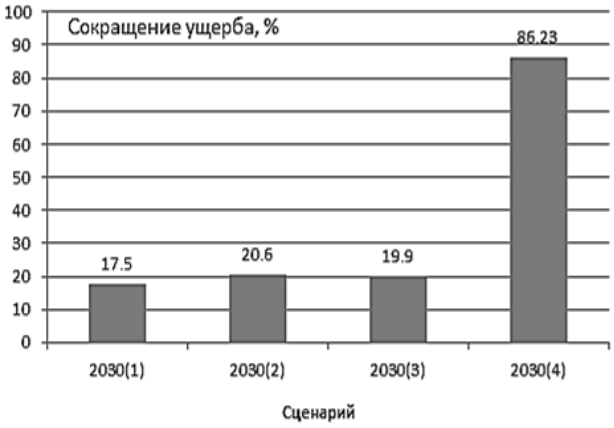

Рисунок 6 – **Сокращение ущерба для четырех сценариев улучшения транспортной ситуации в Санкт-Петербурге на расчетный 2030 год**

Заключение

Разработана методология контроля опасного загрязнения атмосферы городским транспортом, интегрирующая расчеты выбросов по методике Copert, модели переноса загрязнителей и оценку некомпенсируемого ущерба для четырех групп реципиентов: здоровье населения, агро- и лесохозяйственные экосистемы, объекты инфраструктуры, климатическая система. В отличие от существующих подходов, методология позволяет проводить оценку как в натуральных, так и в стоимостных показателях с привязкой к региональным условиям Санкт-Петербурга.

Установлено, что удельный ущерб на 1 км пробега максимален для дизельных грузовых автомобилей и автобусов низких экологических классов (до 0,05 евро/км). Минимальный удельный ущерб характерен для электрического транспорта (трамвай, троллейбус) — менее 0,005 евро/км при прямом учете, однако косвенные выбросы электростанций увеличивают эту оценку в 1,5–2 раза.

На основе четырех сценариев развития транспортной системы Санкт-Петербурга до 2030 года показано, что даже консервативный сценарий (сохранение тенденций 2012 года) обеспечивает снижение выбросов ТЧ на 34 тыс. т и NOx на 1146 тыс. т. Технологический сценарий (полный переход на 6-й экологический класс) позволяет снизить выбросы CO_2 на 20 959 тыс. т и суммарный ущерб на 86,2 % (≈245 млн евро в год).

Рекомендуется использовать разработанную методологию при планировании природоохранных мероприятий Комитетом по транспорту Санкт-Петербурга, а также при экономическом обосновании целевых программ обновления парка общественного и муниципального транспорта.

Литература

1. Life-cycle assessment to guide solutions for the triple planetary crisis / S. Hellweg [et al.] // Nature Reviews Earth & Environment. 2023. Vol. 4. Iss. 7. P. 471–486. DOI: 10.1038/s43017-023-00449-2.
2. Abatzoglou J.T., Williams A.P., Barbero R. Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices // Geophysical Research Letters. 2019. Vol. 46. P. 326–336. DOI: 10.1029/2018GL080959.
3. Ложкин В.Н., Сацук И.В. Научное обоснование методов снижения углеродного следа и достижения климатической нейтральности парка пожарных автомобилей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 4 (76). С. 227–238. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-227-238.
4. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Сравнительный анализ пробеговых выбросов автомобилей на различных видах топлива при дорожных заторах // Вестник гражданских инженеров. 2024. № 2 (103). С. 133–143. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-2-133-143.
5. Kaushik N., Das R.M. Investigation of NOx and related secondary pollutants at Anand Vihar, one of the most polluted area of Delhi // Urban Climate. 2023. Vol. 52. DOI: 10.1016/j.uclim.2023.1017476.
6. Ложкин В.Н. О влиянии физического состояния атмосферы на опасное загрязнение воздуха поллютантами транспорта и промышленности в Санкт-Петербурге // Транспорт РФ. 2025. № 5 (120). С. 68–72.
7. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Информационные процессы в управлении комплексной безопасностью транспорта: стратегическое планирование и моделирование. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2022. 164 с.
8. Зворыкина Ю.В., Гавкалюк Б.В., Ложкин В.Н. и др. Природные ресурсы в новой экономической модели. М.: МГРИ; Наука, 2024. 268 с. DOI: 10.18184/978-5-6050437-7-5.2024.268.
9. Калимуллина И.Ф., Ложкин В.Н., Сагиров Э.А. Контроль чрезвычайного загрязнения воздуха транспортом Санкт-Петербурга по критериям наносимого ущерба // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 2 (70). С. 95–101. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-95-101.
10. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N. Estimation of nitrogen oxides emissions from petrol and diesel passenger cars by means of on-board monitoring // Transportation Research Part D. 2016. Vol. 47. P. 251–264. DOI: 10.1016/j.trd.2016.06.008.

УДК 629.331

ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА: К ВОПРОСУ ВЫБОРА МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ

И.В. Денисов[1]

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (*ВлГУ*)
Россия, 600000, *г. Владимир, ул. Горького, д.* 87.

Статья содержит обзор рынка зарядного оборудования, используемого для передачи электрической энергии (ЭЭ) в тяговые батареи колесных транспортных машин (КТМ) с электрическим приводом (ЭП). Все исследуемые электрические зарядные станции (ЭЗС) доступны в продаже в России. Установлено, что ассортимент зарядных терминалов (ЗТ) типа *Mode*-4 значительно шире, чем типа *Mode*-3. Для выбора конкретных моделей ЭЗС, которыми следует комплектовать объекты групповой зарядки электромобилей, предлагается использовать методику априорного ранжирования. В результате экспертного опроса и последующей обработки полученных данных осуществлен выбор критериев, которые были использованы в последующем подборе моделей ЗТ типа *Mode*-3 и *Mode*-4. Зарядную инфраструктуру электрического транспорта целесообразно строить из модулей групповой зарядки, укомплектованными станциями моделей «Фора» «ЭЗС-DC-2 Д150» (*Mode*-4) и «Кулон 2.*GM*» (*Mode*-3).

Ключевые слова: Электрический транспорт, электрические зарядные станции, зарядная инфраструктура, сеть зарядных станций, априорное ранжирование

CHARGING INFRASTRUCTURE OF ELECTRIC TRANSPORT: RECOMMENDATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF A NETWORK OF CHARGING STATIONS IN SETTLEMENTS (USING THE EXAMPLE OF THE CITY OF VLADIMIR)

I.V. Denisov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov» (VlGU)
Russia, 600000, *Vladimir, st. Gorky,* 87.

This article provides a market overview of charging equipment used to transmit electrical energy (EE) to the traction batteries of electric wheeled vehicles (EVs). All electric charging stations (ECS) under study are commercially available in Russia. It has been established that the range of Mode-4 charging terminals (CTs) is significantly wider than that of Mode-3. An a priori ranking method is proposed for selecting specific CT models for use at electric vehicle group charging facilities. An expert survey and subsequent data processing yielded criteria for the subsequent selection of Mode-3 and Mode-4 CT models. It is advisable to build the charging infrastructure for electric vehicles using group charging modules equipped with Fora EZS-DC-2 D150 (Mode-4) and Kulon 2.GM (Mode-3) stations.

Keywords: Electric transport, electric charging stations, charging infrastructure, charging station network, a priori ranking

Введение

Повышение экологической безопасности в населенных пунктах Российской Федерации (РФ) неразрывно связано с автомобильным транспортом. Значительная доля вредных веществ, попадает в атмосферу в результате работы тепловых двигателей, преобразующих энергию сгорания углеводородного топлива в механическую. Переход от традиционных источников механической энергии, используемых в конструкции колесных транспортных машин (КТМ), к альтернативным позволит сократить валовые выбросы оксидов азота, углерода и сажи. Наиболее перспективными в настоящее время являются электрические машины с подвижным ротором. В сравнении с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) они имеют значительно более простую конструкцию и систему управления. Электрический привод (ЭП) ведущих колес автотранспортных средств (АТС) отличается простой кинематической схемой трансмиссии, меньшими механическими потерями, высокой надежностью. Развитие электрического транспорта на протяжении более 100 лет сдерживало отсутствие аккумуляторов, обеспечивающих приемлемый запас хода. Однако появление новых электрохимических устройств хранения электрической энергии (ЭЭ), в том

EDN **PNZNZR**

[1]*Денисов Илья Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электротехники и электроэнергетики», тел.*: +7(915)-776-24-14, *e-mail: denisoviv@mail.ru, ORCID*: 0000-0002-7137-657X.

числе, твердотопливных аккумуляторов, стало новым импульсом в развитии электромобилей. Некоторые современные модели КТМ с ЭП имеют запас хода сравнимый с автомобилями, оснащенными традиционными ДВС.

Однако на пути электрификации парка КТМ России возникала еще одна проблема – отсутствие или недостаточно развитая зарядная инфраструктура (ЗИ). Сеть электрических зарядных станций (ЭЗС) во многих населенных пунктах РФ отсутствует или слабо развита. В этих условиях планирование поездок на электромобиле сравнимо с решением оптимизационной задачи маршрутизации, поскольку прокладка трассы между зарядными терминалами (ЗТ) будет осуществляться исходя из критерия – запас хода КТМ с ЭП. В условиях неразвитой ЗИ процесс электрификации автомобильного транспорта (АТ) существенно затянется. Испытываемые собственниками электромобилей неудобства могут стать причиной возвращения к АТС с ДВС. Отсутствие ЗТ отпугнет и потенциальных покупателей электромобилей. Эту острую проблему необходимо решать и как можно быстрее. Однако расширять сеть ЭЗС следует, учитывая фактический спрос на услуги по передачи ЭЭ в тяговые батареи (ТБ) КТМ с ЭП. Это позволит более активно развивать ЗИ в первоочередном порядке в тех городских поселениях, где электромобили эксплуатируются в достаточном количестве, чтобы загрузить заявками ЭЗС и обеспечить рентабельность их функционирования.

В работе [3] отмечалось, что для снижения издержек на построение сети зарядных станций их следует группировать, т.е. размещать на автомобильных стоянках не одну, а несколько ЭЗС. Это даст возможность сократить расходы на технологическое присоединение ЗИ к существующей системе электроснабжения (СЭС). Практический опыт использования рассматриваемого подхода в зарубежных странах, и в первую очередь в Китайской Народной Республике (КНР), подтверждает целесообразность принятых решений. При этом число ЗТ, внедряемых в зарядную сеть значительно увеличивается, создавая благоприятные условия беспрепятственно их использования автолюбителями. Доступность ЭЗС собственникам КТМ с ЭП стимулирует скорую электрификацию парка АТС.

Выбор конкретных моделей ЗТ для формирования типовых модулей зарядки электромобилей является важным этапом построения ЗИ. ЭЗС должны иметь хорошие электротехнические характеристики, чтобы обеспечить передачу энергии в ТБ электромобилей в максимально короткие сроки, быть надежными и ремонтопригодными, отличаться доступной ценой. Эти и другие эксплуатационные свойства должны определять выбор зарядного оборудования [1,2].

Для рационального подбора оптимальных моделей зарядных станций в настоящей работе предлагается использовать методику априорного ранжирования. В практике научных исследований она хорошо зарекомендовала себя. Данный метод позволяет в условиях множества факторов с помощью опроса мнения экспертов, выбрать наиболее значимые из них для дальнейшего использования с целью подбора конкретных моделей ЭЗС. Это в значительной степени сокращает объем экспериментальных данных и их последующую обработку.

Постановка задачи исследования

С введением [12, 13] в РФ созданы благоприятные условия для развития ЗИ, что должно стимулировать процесс перехода автомобильного парка на электрический транспорт.

В ходе подготовки настоящей работы был проведен анализ технических характеристик ЭЗС, предлагаемых на рынке зарядного оборудования в РФ. Для выбора определенных моделей ЗТ типа *Mode* 3 и *Mode* 4, которыми следует укомплектовать объекты групповой зарядки, использован метод априорного ранжирования.

Для реализации данной методики привлекаются технические специалисты, компетентные в области электротехники и электроники, которые выставляют индивидуальные оценки предложенным критериям и моделям ЗТ. Минимальная оценка присваивается тому критерию или ЭЗС, которые, по мнению эксперта, предпочтительны к выбору. Результаты опроса сводятся по всем экспертам в таблицу, а затем подвергают обработке для получения результата. В качестве экспертов к опросу были привлечены специалисты кафедры «Электротехника и электроэнергетика» ВлГУ.

Для составления анкеты экспертного опроса потребовалось выделить несколько критериев, которые предъявляются экспертами при выборе модели зарядной станции [5,6,7]:

- выходная мощность терминала, отдаваемая в нагрузку – $P_{\text{ЭЗС}}^{\text{р}}$, кВт ($K$-1);
- мощность устройства в режиме ожидания – $P_{\text{ЭЗС}}^{\text{ож}}$, Вт ($K$-2);
- коэффициент полезного действия (КПД) устройства – $\eta_{\text{ЭЗС}}$, % (K-3);
- коэффициент мощности потребителя электрической энергии – $\cos\varphi$ (K-4);
- точность выходного тока – $i_{\text{ЭЗС}}$, % (K-5);

- интерфейсы подключения коннектора (*К*-6);

- возможность одновременной передачи энергии в тяговые батареи нескольких электромобилей (число каналов зарядки), $n_{зк}$ (*К*-7);

- применения отечественной элементной базы в конструкции ЗТ (*К*-8);

- безотказность ЭЗС в интервалах между плановыми техническими обслуживаниями (ТО) (*К*-9);

- срок службы изделия, лет (*К*-10);

- ремонтопригодность за счет использования модульной конструкции (*К*-11);

- срок гарантийных обязательств производителя зарядного оборудования, месяцев (*К*-12);

- цена оборудования – $Ц_{ЭЗС}$, руб (*К*-13).

Поскольку выбор зарядных станций осуществлялся в соответствии с её типом, то все устройства были сгруппированы по выходной мощности, а, следовательно, этот параметр не использован в качестве критерия при выборе ЭЗС, т.е. *К*-1 исключался.

Методика обработки результатов экспертного опроса подробно рассмотрена в [15].

На первом этапе определятся сумма рангов результатов опроса по каждому критерию с использованием выражения

$$F_k = \sum_{i=1}^{m} a_{km}, \qquad (1)$$

где F_k −сумма рангов *k*-фактора;

a_{km} − ранг *k*-фактора, присвоенный *m*-экспертом.

Затем рассчитывается общая сумма рангов по формуле

$$F = \sum_{i=1}^{k} F_i. \qquad (2)$$

На третьем этапе обработки результатов устанавливается средняя сумма рангов с использованием математической зависимости

$$F_{ср} = \left(\sum_{i=1}^{k} F_i\right)/k. \qquad (3)$$

Возможные отклонения рассчитанного значения суммы рангов каждого фактора от средней суммы рангов находят по выражению

$$D_i = F_i - F_{ср}. \qquad (4)$$

На пятом этапе для оценки степени согласованности мнений экспертов выполняют расчет коэффициента конкордации по формуле

$$W = \frac{12\left(\sum_{i=1}^{i=k} D_i\right)}{m^2(k^3 - k)}, 0 \le W \le 1{,}0. \qquad (5)$$

При $W \ge 0{,}5$ полагают, что мнения экспертов согласованы.

На шестом этапе рассчитывают удельный вес каждого фактора с использованием следующей математической зависимости

$$\omega_i = \frac{2(k - L_i + 1)}{k(k-1)}, \qquad (6)$$

где L_i − место на априорной диаграмме.

Седьмой этап включает в себя проверку гипотезы о неслучайности согласия экспертов. Для её реализации выполняется расчет критерия X^2 –Пирсона. При этом должно соблюдаться условие $\chi_p^2 > \chi_т^2$ – гипотеза о неслучайности верна. Расчетное значение критерия χ_p^2–Пирсона устанавливают по формуле

$$\chi_p^2 = Wm(k-1). \qquad (7)$$

Количество привлекаемых к опросу экспертов определяет достоверность результатов, полученных при использовании методики априорного ранжирования [4,14,15]. Работы [4,14] содержат глубокое исследование методов определения количества экспертов.

В настоящем исследовании принято допущение, в соответствии с которым распределение мнений экспертов подчиняется нормальному закону.

Расчет минимального количества экспертов выполнено в соответствии с рекомендациями [14] по формуле

$$m = \left(\frac{t_p V}{M_{\%}}\right)^2, \qquad (8)$$

где t_p- коэффициент Стьюдента, выбираемый от значения вероятности *P*, %; V - коэффициент вариации; $M_{\%}$- ошибка среднего, %.

Приняв в качестве исходных данных *P*=95%, $M_{\%}$=0,2%, t_p =1,96 и V =0,25, установлено минимально необходимое количество экспертов по формуле (8)

$$m = \left(\frac{1{,}96 \cdot 0{,}25}{0{,}2}\right)^2 = 6.$$

Результаты исследования и их обсуждение

На первоначальном этапе выбора зарядного оборудования требовалось установить наиболее значимые критерии, которые будут использованы в ходе экспертного опроса. Всего экспертам было предложено двенадцать критериев, которые обозначены: *К*-2… *К*-13. Группировка моделей ЭЗС по типу и мощности позволила исключить критерий *К*-1 из опроса.

В таблице 1 показаны результаты априорного ранжирования мнений экспертов по предложенным факторам.

Полученные данные потребовалось обработать.

Средняя сумма рангов согласно формуле (3) составит

$$F_{ср} = \frac{468}{12} = 39.$$

Таблица 1 – **Априорное ранжирование критериев, используемых при выборе зарядного оборудования**

Критерии выбора зарядного оборудования	***i***	**Условные номера экспертов, *j* (*a km*)**						F_i	D_i	D_i^2	**Место на априорной диаграмме, L_i**	**Весовая оценка, w_i**
		А1	**А2**	**А3**	**А4**	**А5**	**А6**					
К-2	x1	1	2	3	2	5	2	15	-24	576	2	0,141
К-3	x2	2	1	2	3	2	1	11	-28	784	1	0,154
К-4	x3	3	3	5	1	3	3	18	-21	441	3	0,128
К-5	x4	5	4	1	4	1	6	21	-18	324	4	0,115
К-6	x5	8	12	11	8	8	5	52	13	169	8	0,064
К-7	x6	4	6	6	5	4	7	32	-7	49	6	0,09
К-8	x7	9	7	8	9	7	12	52	13	169	9	0,051
К-9	x8	7	8	7	12	9	8	51	12	144	7	0,077
К-10	x9	12	9	9	10	11	9	60	21	441	11	0,026
К-11	x10	10	10	10	7	10	10	57	18	324	10	0,038
К-12	x11	11	11	12	11	12	11	68	29	841	12	0,013
К-13	x12	6	5	4	6	6	4	31	-8	64	5	0,103
Итого		78	78	78	78	78	78	468	-	4326		1,0

Коэффициент конкордации, рассчитываемый по выражению (5), примет значение

$$W = \frac{12 \cdot 4326}{6^2 \cdot (12^3 - 12)} = 0{,}84 \geq 0{,}5,$$

что подтверждает согласованность мнений экспертов.

Критерий X^2– Пирсона составит

$$X^2_р = 0{,}84 \cdot 6 \cdot (12\text{-}1) = 55{,}4.$$

$X^2_т$=21,0, для α= 0,05 и (*k*-1) = 11 [15]. Гипотеза верна.

На рисунке 1 показана сумма рангов критериев выбора моделей ЭЗС. В соответствии с представленными графическими данными параметры, находящиеся ниже средней суммы рангов, целесообразно использовать для подбора зарядного оборудования.

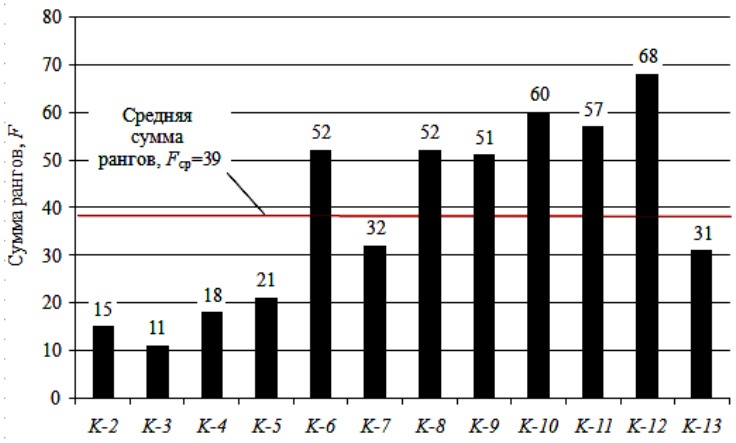

Рисунок 1- **Сумма рангов критериев выбора моделей ЭЗС**

Таким образом, наиболее значимыми критериями, которые следует использовать при выборе зарядного оборудования, являются мощность устройства в режиме ожидания (*К*-2), КПД устройства (*К*-3), коэффициент мощности (*К*-4), точность выходного тока (*К*-5), число каналов обслуживания (*К*-7) и цена оборудования (*К*-13). При выборе модели ЗТ были использованы перечисленные выше критерии.

В таблице 2 представлены технические характеристики наиболее популярных ЭЗС мощностью, отдаваемой в тяговую батарею электромобилей, равной 150 кВт. В таблице 3 показаны результаты экспертного опроса по

критерию «Мощность устройства в режиме ожидания» (*К*-2).

Таблица 2 – **Технические характеристики ЭЗС *Mode* 4 мощностью, отдаваемой в нагрузку, равной 150 кВт** [5,6,7,8,9,10]

Параметр	**Значение параметра**							
Модель	***SE-DC*-150-3**	**ПСС-150**	***E-Prom* 150**	**ЭСЭМ-16-150К-2-ДБ**	**ЭЗС-DC-2 Д150**	***Touch Swift* 150 kW**	***X-Electro*150 kW**	***SVDC* 150 кВт**
$P_{\text{ЭЗС}}^{\text{р}}$, кВт	150	150	150	150	150	150	150	150
$P_{\text{ЭЗС}}^{\text{ож}}$, Вт	200	180	210	250	180	200	220	250
$\eta_{\text{ЭЗС}}$, %	94	93	95	96	95	95	93	94
$\cos\varphi$	0,94	0,95	0,95	0,95	0,93	0,96	0,94	0,99
$i_{\text{ЭЗС}}$, %	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,5
Коннектор:								
- CCS 2	+	+	+	+	+	+	+	+
- CHAdeMO	+	+	+	+	+	+	-	+
- GB/T(DC)	+	+	+	-	+	-	+	+
$n_{\text{зк}}$	1	3	3	2	3	1	2	1
Ц$_{\text{ЭЗС}}$, тыс. руб.	4096,5	3750,0	3621,0	4058,1	4300,0	3717,0	3290,0	4300,0

Таблица 3 – **Априорное ранжирование ЗТ по критерию «Мощность устройства в режиме ожидания» (*К*-2)**

Зарядный терминал	***i***	**Условные номера экспертов, *j* (*a km*)**						***F***	***D***	**Место на априорной диаграмме, L_i**	**Весовая оценка, w_i**
		А1	**А2**	**А3**	**А4**	**А5**	**А6**				
SE-DC-150-3	x1	1	3	3	3	2	3	15	-12	3	0,167
ПСС-150	x2	3	2	1	2	3	1	12	-15	2	0,194
E-Prom 150	x3	5	5	5	4	6	5	30	3	5	0,111
ЭСЭМ-16-150К-2-ДБ	x4	7	6	7	8	7	6	41	14	7	0,056
ЭЗС-DC-2 Д150	x5	2	1	2	1	1	2	9	-18	1	0,222
TouchSwift 150 kW	x6	4	7	4	5	4	4	28	1	4	0,139
X-Electro 150 kW	x7	6	4	6	6	5	7	34	7	6	0,083
SVDC 150 кВт	x8	8	8	8	7	8	8	47	20	8	0,028
Итого		36	36	36	36	36	36	216			1,0

Результаты обработки данных экспертного опроса представлены ниже.

Средняя сумма рангов равна будет равна

$$F_{\text{ср}} = \frac{216}{8} = 27.$$

Коэффициент конкордации примет значение

$$W = \frac{12 \cdot (144 + 225 + 9 + 196 + 324 + 1 + 49 + 400)}{6^2 \left(8^3 - 8\right)} = 0{,}89 .$$

Критерий X^2– Пирсона будет равен

χ_p^2 = 0,89·6· (8-1) =37,44.

$\chi_{\text{т}}^2$=14,06, для α = 0,05 и (*k*-1) = 7 [15]. Гипотеза верна.

Аналогично выполняется обработка данных по другим критериям.

Результаты априорного ранжирования моделей ЭЗС типа *Mode* 4 мощностью 150 кВт по различным критериям представлены в таблице 4 и на рисунке 2.

Таблица 4 – **Результаты априорного ранжирования ЗТ типа *Mode* 4 мощностью 150 кВт по различным критериям**

Зарядный терминал	Критерий оценки						Итоговая оценка
	Мощность устройства в режиме ожидания	КПД устройства	Коэффициент мощности	Точность выходного тока	Число каналов обслужи-вания	Цена оборудования	
SE-DC-150-3	3	5	8	2	6	6	30
ПСС-150	2	8	3	4	3	3	23
E-Prom 150	5	4	4	5	2	4	24
ЭСЭМ-16-150К-2-ДБ	7	1	5	3	4	5	25
ЭЗС-DC-2 Д150	1	2	7	1	1	7	19
TouchSwift 150 kW	4	3	2	7	8	2	26
X-Electro 150 kW	6	7	6	6	5	1	31
SVDC 150 кВт	8	6	1	8	7	8	38
W	0,89	0,90	0,87	0,90	0,89	0,91	-
$W \geq 0{,}5$	да	да	да	да	да	да	-
χ_p^2	37,44	37,83	36,6	38,6	37,44	38,55	-
$\chi_т^2$	14,06	14,06	14,06	14,06	14,06	14,06	-
$\chi_p^2 > \chi_т^2$	да	да	да	да	да	да	-

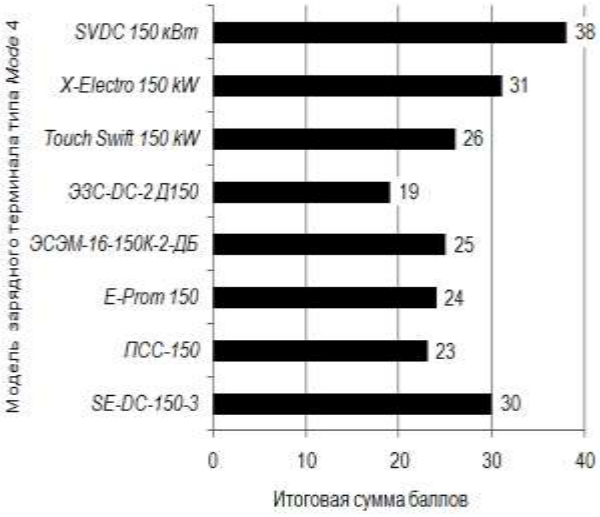

Рисунок 2 – **Результаты априорного ранжирования моделей ЗТ типа *Mode*-4 по выбранным критериям**

Таким образом, зарядная станция «Фора» «ЭЗС-DC-2 Д150» Касимовского приборного завода, расположенного в Рязанской области, является, по мнению экспертов, оптимальным выбором.

Аналогичным образом был осуществлен выбор ЭЗС типа *Mode* 3. В [2] рассматривался вопрос вероятности отказа в обслуживании при поступлении заявки в ЗТ. Согласно графическим зависимостям рисунка 6 [2], в случае функционирования двухканальной системы СМО с неограниченным входящим потоком, вероятность отказа при поступлении электромобиля на ЭЗС не превышает 0,3 при интенсивности входящего потока не более 7 КТМ в сутки. При этом время работы системы при средней продолжительности передачи электроэнергии в ТБ машины в 180 мин не превысит 22 часов. Таким образом, для обеспечения высокой доступности ЗТ, а также с учетом перспективы интенсивного перехода парка автомобилей на ЭП, целесообразно укомплектовать каждую зарядную группу ЭЗС типа *Mode* 3 с числом каналов не менее двух. Следовательно, критерий «Число каналов обслуживания» (*К*-7) при выборе модели зарядного оборудования использован не был.

В таблице 5 представлены основные технические характеристики ЗТ *Mode* 3 мощностью, отдаваемой в нагрузку, равной 22 кВт.

Результаты экспертного опроса и априорного ранжирования моделей ЗТ типа *Mode* 3 по различным критериям показаны в таблице 6 и на рисунке 3.

Таблица 5 – **Технические характеристики ЭЗС типа *Mode* 3 мощностью, отдаваемой в нагрузку, равной 22 кВт** [5,6,7,8,9,10]

Параметр	**Значение параметра**							
Модель	**ЭСЭМ-3-43К-2**	**Кулон 2.*GM***	***E-Prom* 44**	***Punkt E FloorDual***	**ПСС 44**	***eCars***	**НЭК-31**	***Orbis***
$P_{\text{ЭЗС}}^{\text{р}}$, кВт	2x22	2x22	2x22	2x22	2x22	2x22	2x11	2x22
$P_{\text{ЭЗС}}^{\text{ож}}$, Вт	22	14	18	20	24	22	18	16
$\eta_{\text{ЭЗС}}$, %	99	98	96	97	95	96	93	94
$\cos\varphi$	0,97	0,96	0,95	0,97	0,93	0,94	0,94	0,99
$i_{\text{ЭЗС}}$, %	0,3	0,1	0,4	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5
Коннектор:								
- Type 1	-	-	-	-	-	+	-	-
- Type 2	+	+	+	+	+	+	+	+
- GB/T(AC)	+	+	+	+	-	-	+	+
$n_{\text{зк}}$	2	2	2	2	2	2	2	2
Ц$_{\text{ЭЗС}}$, тыс. руб.	380	286,9	349,5	394,5	267	280	278,5	305,2

Таблица 6 – **Результаты априорного ранжирования ЗТ типа *Mode*-3 по различным критериям**

Зарядный терминал	**Критерий оценки**					**Итоговая оценка**
	Мощность устройства в режиме ожидания	**КПД устройства**	**Коэф-фициент мощности**	**Точность выходного тока**	**Цена оборудования**	
ЭСЭМ-3-43К-2	6	1	3	6	6	22
Кулон*2.GM*	1	2	4	1	4	12
E-Prom 44	3	4	5	7	7	26
Punkt E FloorDual	5	3	2	2	8	20
ПСС 44	8	6	8	5	1	28
eCars	7	5	7	3	3	25
НЭК-31	4	8	6	4	2	24
Orbis	2	7	1	8	5	23
W	0,87	0,88	0,87	0,90	0,91	-
$W \geq 0{,}5$	да	да	да	да	да	-
χ_p^2	36,77	37,11	36,66	37,83	38,55	-
$\chi_\text{т}^2$	14,06	14,06	14,06	14,06	14,06	-
$\chi_p^2 > \chi_\text{т}^2$	да	да	да	да	да	-

На основании данных таблицы 6 установлено, что зарядная станция «Кулон 2.*GM*» компании «СтримЭлектро», расположенной в г. Могилев Республики Беларусь, является оптимальной для укомплектования ею зарядной группы. Среди моделей отечественного производства наиболее близкими эксплуатационными свойствами обладает терминал *Punkt E FloorDual*. Однако стоимость данного изделия более чем на треть выше, чем у аналога из Республики Беларусь.

Таким образом, после обработки данных результатов экспертного опроса было установлено, что оптимальным выбором для включения в комплект группы зарядных станций будут ЭЗС «Фора» «ЭЗС-DC-2 Д150» и «Кулон 2.*GM*».

Заключение

Произведен обзор рынка ЭЗС типа *Mode* 3 и *Mode* 4, подобраны модели, удовлетворяющие требованиям, установленным в [12,13], подпадающие под субсидирование их стоимости при последующем монтаже.

На основании методики экспертного опроса установлены критерии выбора зарядного оборудования: мощность устройства в режиме ожидания, КПД устройства, коэффициент мощности, точность выходного тока, число каналов обслуживания и цена оборудования. В соответствии с перечисленными критериями осуществлен подбор моделей ЗТ, которыми следует укомплектовывать модули групповой зарядки инфраструктуры электрического транспорта, принадлежащего гражданам. После обработки данных установлено, что оптимальным выбором будут

ЭЗС «Фора» «ЭЗС-DC-2 Д150» (*Mode*-4) и «Кулон 2.*GM*» (*Mode*-3).

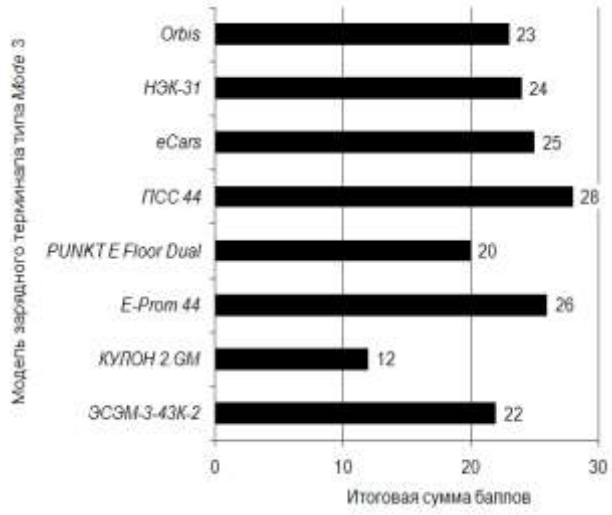

Рисунок 3 – **Результаты априорного ранжирования моделей ЗТ типа *Mode* 3 по выбранным критериям**

Литература

1 Денисов, И. В. Зарядная инфраструктура электрического транспорта: методика расчета минимально необходимого количества зарядных станций в населенных пунктах / И. В. Денисов // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2025. – № 1(71). – С. 19-27. – EDN BSPMTX.

2 Денисов, И. В. Зарядная инфраструктура электрического транспорта: оценка параметров функционирования зарядных станций в населенных пунктах / И. В. Денисов // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2025. – № 2(72). – С. 9-18. – EDN NUCXHI.

3 Денисов, И. В. Зарядная инфраструктура электрического транспорта: рекомендации по развитию сети зарядных станций в населенных пунктах (на примере г.Владимира) / И. В. Денисов // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2026. – № 1(75). – С. 3-11. – EDN JFTZLK..

4 Загорская, А. В. Применение методов экспертной оценки в научном исследовании. Необходимое количество экспертов / А. В. Загорская, А. А. Лапидус // Строительное производство. – 2020. – № 3. – С. 21-34. – DOI 10.54950/26585340_2020_3_21. – EDN TKKKCO.

5 Каталог зарядных станций [Электронный ресурс] // Гипермаркет зарядных станций «Avtocharge.ru». – URL: https://avtocharge.ru/zaryadnyie-stanczii-napolnogo-montazha/. (дата обращения: 10.02.2025).

6 Каталог зарядных станций [Электронный ресурс] // Магазин зарядных станций «Charging-station.ru». – URL: https://charging-station.ru/. (дата обращения: 10.02.2025).

7 Каталог зарядных станций [Электронный ресурс] // Магазин зарядного оборудования «Volt-ev.ru». – URL: https:// Volt-ev.ru/. (дата обращения: 10.02.2025).

8 Каталог зарядных станций [Электронный ресурс] // Магазин зарядных станций «Volt-ev.ru». – URL: https://Volt-ev.ru/. (дата обращения: 10.02.2025).

9 Каталог зарядных станций [Электронный ресурс] // Магазин зарядных станций «kaspz.ru».– URL: https://kaspz.ru /. (дата обращения: 10.02.2025).

10 Каталог зарядных станций [Электронный ресурс] // Магазин электромобилей и зарядных станций к ним «electromobili.ru».– URL: https:// https://electromobili.ru/. (дата обращения: 10.12.2025).

11 Митягина, М. Н. Применение метода априорного ранжирования при оценке уровня готовности технологии в сложной технической системе / М. Н. Митягина, С. А. Назаревич // Системный анализ и логистика. – 2023. – № 2(36). – С. 45-53. – DOI 10.31799/2077-5687-2023-2-45-53. – EDN TQBPNX.

12 Постановление Правительства РФ от 21.03.2022 № 431 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Развитие энергетики». [Электронный ресурс] «Официальный интернет-портал правовой информации» (www.pravo.gov.ru) // – URL: http://publication.pravo.gov.ru/ Document/View/0001202203240026. (дата обращения: 10.02.2025).

13 Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 29.04.2022 № 1776 "Об утверждении технических характеристик оборудования стационарной автомобильной зарядной станции публичного доступа, обеспечивающей возможность быстрой зарядки электрического автомобильного транспорта" (Зарегистрирован 01.06.2022 № 68680) [Электронный ресурс] // http://publication.pravo.gov.ruURL: http://publication.pravo.gov.ru/ Document/View/0001202206010047. (дата обращения: 10.02.2025).

14 Рупосов, В. Л. Методы определения количества экспертов / В. Л. Рупосов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 3(98). – С. 286-292. – EDN TMYXVP.

15 Яговкин, А. И. Использование метода априорного ранжирования для анализа производственно-экономических систем / А. И. Яговкин// Эксплуатация и обслуживание транспортно-технологических машин: Межвузовский сборник научных трудов. Том Выпуск 1. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2003. – С. 220-226. – EDN TRDEBP.

УДК 621.12, 629.5.035.8

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГРЕБНОГО ВАЛА ПРОМЫСЛОВОГО СУДНА С ДЕЙДВУДНЫМИ ПОДШИПНИКАМИ

Н.Л. Великанов[1]

Калининградский государственный технический университет (*КГТУ*), *Россия,* 236000, *г. Калининград, Советский пр.,* 1.

Цель данной статьи – изучение факторов, влияющих на эффективность работы гребного вала. Проведены обследования рыболовных морозильных траулеров. Достижение параметрами технического состояния дейдвудного устройства (например, зазоры в дейдвудных подшипниках, геометрия наружной поверхности облицовки гребного вала) предельно допустимых значений может произойти в достаточно широком диапазоне его наработки, причем потребность в ремонте устройства может возникнуть уже после 1 тыс. ч эксплуатации. Подобная ситуация хорошо иллюстрируется различием в техническом состоянии для элементов дейдвудного устройства и гребного вала.

Ключевые слова: дейдвудное устройство, посадка в сопрягаемых парах, зазор, наработка, кормовая труба.

INTERACTION OF COMMERCIAL PROPELLER SHAFT VESSEL WITH DEADWOOD BEARING

N. L. Velikanov

Kaliningrad State Technical University (*KSTU*), *Russia,* 236000, *Kaliningrad, Sovetsky Ave.,* 1.

The purpose of this article is to study the factors affecting the efficiency of the propeller shaft. Surveys of fishing freezer trawlers have been conducted. The achievement of maximum permissible values by the parameters of the technical condition of the deadwood device (for example, the gaps in deadwood bearings, the geometry of the outer surface of the propeller shaft lining) can occur in a fairly wide range of its operating time, and the need for repair of the device may arise after 1 thousand hours of operation. This situation is well illustrated by the difference in technical condition for the elements of the deadwood device and the propeller shaft.

Keywords: deadwood device, mating pairs, clearance, operating time, stern tube.

Гребной вал судна является важнейшим компонентом судового движителя, который передает крутящий момент и вращение от главного двигателя к гребному винту, преобразуя энергию вращения в тягу. Эта система валов, обычно изготовленная из высокопрочной стали, проходит через кормовую трубу, в которой используются подшипники, уплотнения и смазка для безопасной работы под водой.

Гребной вал последний сегмент в кормовой части, который непосредственно соединяется с гребным винтом.

В кормовой трубе расположены вал и подшипники, защищенные передним и задним уплотнениями, и обычно погружены в воду.

Смазанные морской водой или маслом, подшипники выдерживают нагрузку при вращении вала.

Вал испытывает сложные комбинированные нагрузки, включая крутящий момент, осевую нагрузку и изгибающие нагрузки от веса или несоосности.

Дейдвудные подшипники — это важнейшие опорные подшипники для гребного вала судна, расположенные в кормовой раме и обеспечивающие бесперебойную работу при высоких нагрузках.

Они поддерживают линию вала, обеспечивая его свободное вращение при прохождении через корпус.

На производительность влияют вибрация, нагрузка на вал, качество смазочного материала и уровень загрязнения воды, что может привести к износу вкладышей подшипников.

Коэффициент жесткости этих подшипников имеет решающее значение для предотвращения резонанса гребного вала. Повышение их надежности является ключевым направлением проектирования и технического обслуживания судов, часто требующим специальных расчетов

EDN **RWHSNQ**

[1]*Великанов Николай Леонидович – доктор технических наук, профессор, профессор НОЦ судостроения, морской инфраструктуры и техники, тел.:* 8 (4012) 56-48-02*; e-mail: nikolaj.velikanov@klgtu.ru, ORCID:*0000-0001-6833-7417.

нагрузки, износа материалов и гидродинамических воздействий.

Динамика износа, включая гидродинамику масляного слоя и случайную нагрузку, является ключом к пониманию срока службы этих подшипников.

Одним из наименее надежных и доступных для контроля и ремонта объектов на судне является дейдвудное устройство. Отказ любого из основных его элементов вызывает необходимость прекращения эксплуатации судна и постановки его в док. Повысить надежность и долговечность дейдвудного устройства можно различными путями. Применяются наиболее износостойкие материалы, например, такие, как капролон, в дейдвудных подшипниках, периодическое освидетельствование, безразборная и разборная диагностики, позволяющие осуществить освидетельствование дейдвудного устройства [1-3].

Проведены обследования судов [4-5]. Достижение параметрами технического состояния дейдвудного устройства (например, зазоры в дейдвудных подшипниках, геометрия наружной поверхности облицовки гребного вала) предельно допустимых значений может произойти в достаточно широком диапазоне его наработки, причем потребность в ремонте устройства может возникнуть уже после 1 тыс. ч эксплуатации [6]. Подобная ситуация хорошо иллюстрируется различием в техническом состоянии для элементов дейдвудного устройства и гребного вала траулеров (рис. 1 - 4).

Освидетельствование вала, как правило, связано с полной разборкой устройства, для которой, в свою очередь, необходимо докование судна. При этом весьма часто выявляется отсутствие необходимости в его ремонте. Подобная ситуация возникает менее чем в 60 % случаев освидетельствования устройства. С другой стороны, значительная трудоемкость сопутствующих работ (демонтажных и монтажных), связанных с подетальной дефектацией устройства, подтверждает актуальность и практическую целесообразность применения безразборного диагностирования его технического состояния. Исследования и анализ состояния дейдвудных устройств продолжает оставаться актуальным [7-17].

Нормальные условия эксплуатации характеризуется тем, что зазоры в дейдвуцных подшипниках не достигли предельно допустимых значений, имеются вибрация гребного вала, выработка облицовки гребного вала в районе носового дейдвудного уплотнения (требуется подтяжка набивки сальника).

При аварийных ситуациях фиксируется повышенная вибрация гребного вала, трещины на его поверхности, выбивание сальника из гнезда уплотнений, поломка гребного вала.

Отмечаются следующие дефекты гребного вала: поломка гребного вала под носовой облицовкой в районе дейдвудного уплотнения, трещины.

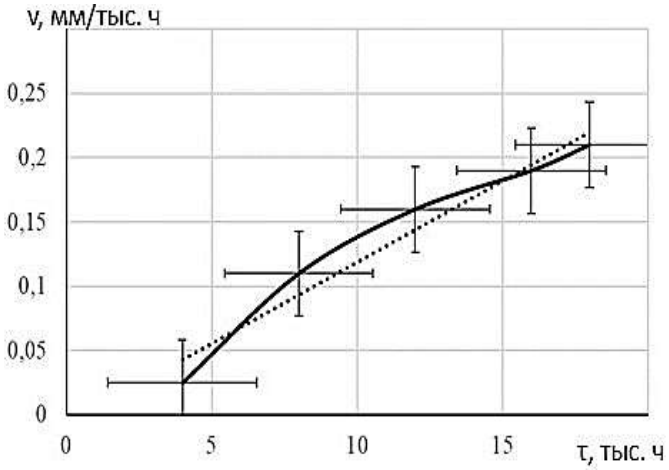

Рисунок 1 – **Зависимость скорости роста зазора в кормовом дейдвудном подшипнике v от наработки дейдвудного устройства** τ. (Условия эксплуатации типовые. Показаны пределы погрешностей и линейная линия тренда-точки)

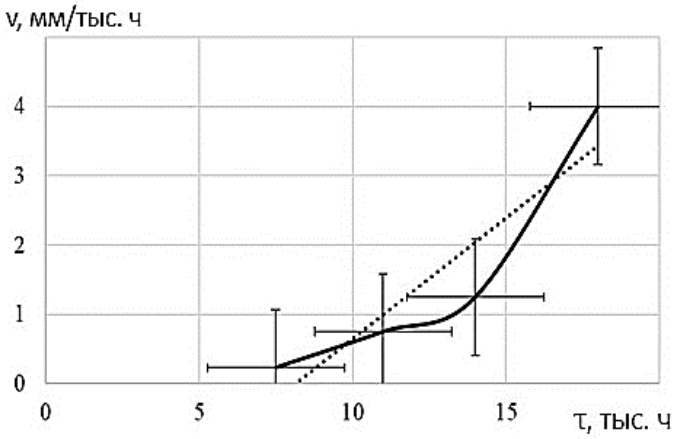

Рисунок 2 – **Зависимость скорости роста зазора в кормовом дейдвудном подшипнике v от наработки дейдвудного устройства** τ. (Условия эксплуатации аварийные. Показаны пределы погрешностей и линейная линия тренда-точки)

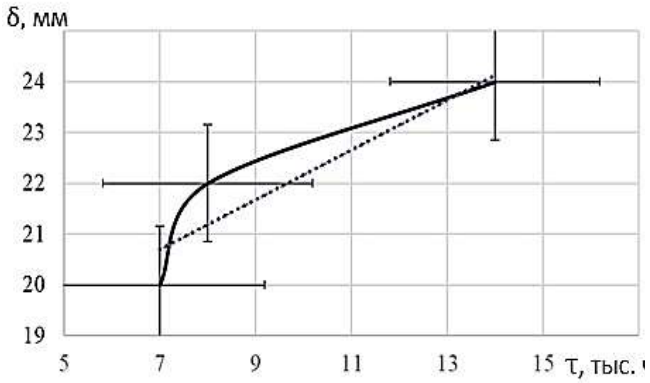

Рисунок 3 – Зависимость величины зазора в кормовом дейдвудном подшипнике δ от наработки дейдвудного устройства τ. (Показаны пределы погрешностей и линейная линия тренда-точки)

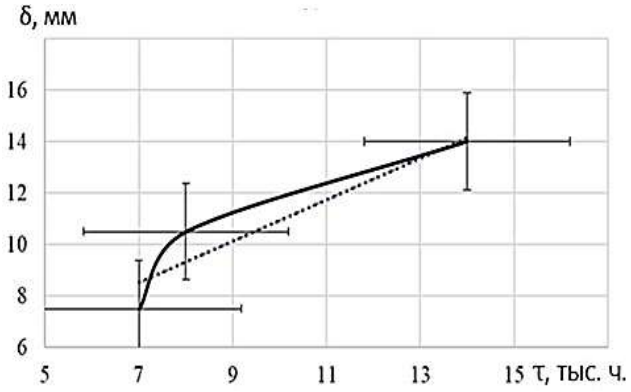

Рисунок 4 – **Зависимость величины зазора в носовом дейдвудном подшипнике δ от наработки дейдвудного устройства** τ. (Показаны пределы погрешностей и линейная линия тренда-точки)

Разработка и внедрение метода технического диагностирования позволяет производить освидетельствование устройства как в условиях судоремонтного предприятия, так и бее вывода судна из эксплуатации, без докования судна и трудоемких сопутствующих работ, при этом, станет возможным: предварительное назначение объемов ремонта, его содержания, повышение эффективности подготовки ремонта; оценка качества производственного ремонта; прогнозирование технического состояния устройства, определение его остаточного ресурса и назначение научно- -обоснованных периодов эксплуатации; назначение оптимальных режимов эксплуатации в зависимости от технического состояния устройства.

Проанализированы возможности практического применения различных методов диагностирования применительно к дейдвудному устройству. Для диагностирования могут быть использованы следующие методы: виброметрия, тензометрия, электрохимические измерения.

На параметры вибрации гребного вала влияют: нарушение посадки в сопрягаемых парах; искажение геометрии наружной поверхности облицовки гребного вала; изменение несущей способности дейдвудных подшипников; величины удельных напряжений, возникающих в теле гребного вала; снижение запаса прочности материала гребного вала и предполагаемый район их расположения.

Зазор в носовом дейдвудном подшипнике, геометрию наружной поверхности облицовки гребного вала, глубину эрозионно-коррозионного поражения облицовки гребного вала, состояние узла носового дейдвудного уплотнения, целость гидроизоляционного покрытия гребного вала можно прогнозировать по эмпирическим зависимостям, связывающим эти параметры с зазором в кормовом дейдвудном подшипнике, с наработкой устройства.

В рейсе диагностирование проводится через каждые 1000 ч наработки дейдвудным устройством специалистами из числа судовой команды. Результаты диагноза и прогноза, а также принятые по результатам прогноза оптимальные режимы работы устройства заносятся в карту диагностирования и оформляются подобно судовым техническим документам.

Диагностирование проводится перед каждым ремонтом, постановкой судна в док и в период очередного освидетельствования.

По результатам диагностирования принимается решение об отказе разборки устройства или частичной разборке о ремонтом отдельных его элементов.

Практически диагностирование дейдвудного устройства перед ремонтом производится на мерной миле перед заходом судна в порт.

Техническое диагностирование позволяет оценить качество произведенного ремонта устройства. Исходя из возможностей судоремонтного завода, данная операция выполняется на швартовых испытаниях в доккамере или на ходовых испытаниях в море.

Периодическая проверка вала на коррозию и усталость, а также техническое обслуживание системы уплотнений необходимы для предотвращения попадания воды.

Обычно для валов используется высокопрочная сталь, а для повышения коррозионной стойкости используется двухслойная сталь или нержавеющая сталь.

Регулярные осмотры вала и его компонентов имеют решающее значение для раннего выявления износа, коррозии или несоосности. Регулярные проверки помогают предотвратить серьезные поломки и продлить срок службы вала.

Подшипники и другие движущиеся части должны быть надлежащим образом смазаны, чтобы уменьшить трение и предотвратить перегрев. Для работы в суровых условиях морской среды обычно используются смазочные материалы морского качества.

Необходимо периодически проверять центровку, чтобы убедиться, что вал правильно совмещен с двигателем и гребным винтом. Несоосность может привести к чрезмерному износу и увеличить риск механических повреждений.

Уплотнения вокруг кормовой трубы и других частей вала следует регулярно проверять и обслуживать, чтобы предотвратить попадание воды, которая может привести к коррозии и другим повреждениям.

Литература

1. Родыгин В.В., Николаев Н.И., Гриценко М.В. Оценка уровней вибрации дейдвудных устройств с масляной системой смазки. - Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2018. № 1. С. 74-80.
2. Комаров В.В. Исследование центровки валопроводов с одноопорными дейдвудными устройствами. - Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. № 5 (46). С. 22-27.
3. Григорьев А.К. Опыт эксплуатации дейдвудных устройств с импелле рами и насосами-импеллерами, установленными на ступицах винтов. - Судостроение. 2012. № 3 (802). С. 48-52.
4. Рыболовный траулер морозильный типа "Тропик" https://soviet-trawler.narod.ru/pages_r/ussr/tropik_r.html
5. Рыболовный траулер морозильный типа "Атлантик" https://soviet-trawler.narod.ru/pages_r/ussr/atlantic_r.html
6. Кушнер Г.А., Мамонтов В.А., Волков Д.А. Анализ причин повреждений и отказов судовых валопроводов. - Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 3. С. 33-39.
7. Халявкин А.А., Санжапов А.Р., Матвеев Ю.И., Ениватов В.В., Ивановская А.В. Повышение надежности дейдвудных подшипников путем лазерной наплавки гребного вала. - Вестник Керченского государственного морского технологического университета. Серия: Морские технологии. 2024. № 3. С. 42-48.
8. Гордон В.А., Халявкин А.А., Макеев С.А., Бондаренко В.В. О влиянии контакта гребного вала с дейдвудным подшипником на рабочее состояние валопровода. - Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2022. № 2 (352). С. 19-25.
9. Халявкин А.А., Шамаев В.А., Медведев И.Н. Применение прессованной древесины березы для изготовления вкладышей дейдвудных подшипников судов. - Морской вестник. 2024. № 2 (90). С. 70-71.
10. Халявкин А.А., Ивановская А.В., Симагина В.Б. Исследование прогиба гребного вала с учетом неполного контакта с кормовым дейдвудным подшипником. - Вестник Керченского государственного морского технологического университета. Серия: Морские технологии. 2024. № 2. С. 46-53.
11. Жуков В.А., Нечай А.П., Вихров Н.М. Комплексное обеспечение надежности судовых дейдвудных устройств. - Судостроение. 2024. № 6 (877). С. 21-24.
12. Халявкин А.А., Бондаренко В.В., Куц В.В., Матвеев Ю.И. Технология ремонта дейдвудных подшипников валопроводов судов. - Морской вестник. 2025. № 2 (94). С. 59-62.
13. Сюсюка Е.Н., Кузнецов И.Р., Герасимов В., Макаревич Т.А. Физические условия безаварийной работы дейдвудного устройства на основе моделирования симулятором "Kobelko-Shartairseal". - Эксплуатация морского транспорта. 2025. № 4 (117). С. 94-102.
14. Халявкин А.А., Старкова М.В., Бондаренко В.В., Гордон В.А., Мамонтов В.А. Влияние капролоновых дейдвудных подшипников на рабочее состояние гребного вала. - Вестник Астраханского государственного технического универитета. Серия: Морская техника и технология. 2022. № 3. С. 7-15.
15. Халявкин А. А., Ивановская А. В., Ениватов В. В., Шаратов А. С., Мащенко А. И. Снижение теплонапряженности дейдвудных подшипников на основе деклона. - Морской вестник. 2026. № 1 (97). С. 62-64.
16. Сенчурин Л.П., Иванова М.А., Голиков В.А. Исследование эффективности охлаждения дейдвудных подшипников. - Труды Санкт-Петербургского государственного морского технического университета. 2023. № 4 (8). С. 105-112.
17. Мишичев А.И., Кукарина А.Ю. Конечно-элементный анализ деформирования валопровода судов БМРТ ПР. 394А. - Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. № 2 (43). С. 167-171.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 656.13:004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

С.Е. Барыкин[1], Ю.Г. Лазарев[2]

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)
Россия, 195251, *г. Санкт-Петербург, Политехническая ул.,* 29.

В работе рассматривается подход к моделированию транспортных потоков на основе концепции цифрового двойника. Предлагается формализация транспортно-экономической системы в виде динамической модели потоков, учитывающей их изменение во времени. Разработана структура цифрового двойника, обеспечивающая анализ состояния системы и формирование управленческих воздействий. Для описания динамики используется рекуррентная модель, позволяющая учитывать временную зависимость транспортных процессов. Предложенный подход может быть использован при решении задач управления перевозками, оптимизации транспортных потоков и повышения устойчивости транспортных систем.

Ключевые слова: транспортные потоки, цифровой двойник, моделирование, управление, транспортные системы, логистика

MODELING AND CONTROL OF TRANSPORT FLOWS BASED ON DIGITAL TWINS

S.E. Barykin, Yu.G. Lazarev

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Russia, 195251, *Saint Petersburg, Polytechnicheskaya str.,* 29.

The paper considers an approach to modeling transport flows based on the concept of a digital twin. A formalization of the transport-economic system is proposed as a dynamic flow model that accounts for time-dependent changes. The structure of a digital twin providing system state analysis and control decision-making is developed. A recurrent model is used to describe system dynamics, allowing consideration of temporal dependencies in transport processes. The proposed approach can be applied to transport management, flow optimization, and improvement of system stability.

Keywords: transport flows, digital twin, modeling, control, transport systems, logistics

Введение

Автомобильный транспорт занимает ключевое место в транспортной системе страны, обеспечивая мобильность населения и функционирование хозяйственных связей [1]. В современных условиях наблюдается устойчивый рост интенсивности транспортных потоков, усложнение структуры перевозок и повышение требований к эффективности управления транспортными процессами. Это обуславливает необходимость разработки новых подходов к анализу и управлению транспортными системами [2, 4].

Традиционные методы планирования и управления транспортными потоками в значительной степени основаны на статических моделях, которые не учитывают в полной мере динамический характер транспортных процессов, их временную изменчивость и влияние внешних факторов. В условиях цифровизации экономики и развития интеллектуальных транспортных систем возникает потребность в использовании более гибких инструментов, способных обеспечивать адаптивное управление транспортными потоками в реальном времени.

EDN **JBHTKJ**

[1]*Барыкин Сергей Евгеньевич – доктор экономических наук, профессор, Scopus ID* 57202814691, *Orcid ID* 0000-0002-9048-009*X*, *e-mail: barykin_se@spbstu.ru;*

[2]*Лазарев Юрий Георгиевич – доктор технических наук, профессор, директор Высшей школыа промышленно-гражданского и дорожного строительства, Scopus ID* 56300865000, *Orcid ID* 0000-0002-5616-1191, *e-mail: lazarev_yug@spbstu.ru.*

Одним из перспективных направлений является применение концепции цифровых двойников, позволяющей формировать виртуальные модели транспортных систем, синхронизированные с реальными объектами [3]. Использование цифровых двойников обеспечивает возможность мониторинга состояния транспортной системы, прогнозирования её поведения и выработки управленческих решений на основе анализа потоковых данных.

Особую актуальность приобретает задача формализации транспортных потоков как динамических структур, подверженных изменениям во времени и зависящих от множества факторов, включая интенсивность движения, инфраструктурные ограничения и организационные параметры перевозочного процесса [4]. В этой связи представляется целесообразным рассматривать транспортную систему как потоковую модель, в рамках которой осуществляется управление распределением и перераспределением потоков [5].

Целью настоящей работы является разработка подхода к моделированию и управлению транспортными потоками на основе концепции цифрового двойника. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

– формализация транспортной системы в виде динамической модели потоков;

– разработка структуры цифрового двойника транспортной системы;

– построение модели, учитывающей временную зависимость транспортных процессов;

– анализ возможностей применения разработанного подхода для решения задач управления перевозками.

Предложенный подход ориентирован на использование в задачах транспортного планирования, оптимизации потоков и повышения эффективности функционирования автотранспортных систем.

1. Модель транспортных потоков

Для описания транспортной системы предлагается использовать представление, в рамках которого она рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов, между которыми реализуются потоки различной природы. К числу таких потоков относятся транспортные, материальные, информационные и сопровождающие их организационно-управленческие воздействия [5].

Транспортная система в момент времени t задается в виде ориентированной структуры

$$G(t) = (V, E(t), F(t)),$$

где V – множество узлов транспортной системы;

$E(t)$ – множество связей между узлами в момент времени t;

$F(t)$ – совокупность потоков, циркулирующих в системе.

В качестве узлов транспортной системы могут выступать грузоотправители, грузополучатели, транспортные терминалы, распределительные центры, участки транспортной сети и другие элементы инфраструктуры. Связи $E(t)$ отражают существующие маршруты, логистические взаимодействия и организационные каналы управления. Потоки $F(t)$ характеризуют интенсивность перемещения транспортных средств, грузов, информации и сопутствующих ресурсов. Состояние транспортной системы в момент времени t определяется как функция потоков, возникающих нарушений и резервов устойчивости:

$$X(t) = \Phi(F(t), \Delta(t), B(t)),$$

где $X(t)$ – состояние транспортной системы;

$F(t)$ – параметры потоков;

$\Delta(t)$ – нарушения функционирования системы;

$B(t)$ – буферы устойчивости.

Под нарушениями $\Delta(t)$ понимаются отклонения от нормального режима работы транспортной системы, связанные с перегрузкой узлов, задержками перевозок, нарушением графиков движения, неравномерностью распределения потоков, ростом времени ожидания и другими факторами. Буферы устойчивости $B(t)$ отражают наличие резервов пропускной способности, дополнительных маршрутов, запасов времени и иных возможностей компенсации возникающих отклонений.

В отличие от статических моделей, в предлагаемом подходе основное внимание уделяется не только текущему состоянию системы, но и траектории его изменения. Эволюция транспортной системы рассматривается как последовательность состояний:

$$X(t_0), X(t_1), X(t_2), \dots, X(t_n),$$

что позволяет учитывать накопление нарушений, изменение конфигурации потоков и постепенное приближение системы к критическим режимам функционирования.

С практической точки зрения это означает, что анализ транспортной системы должен опираться не только на фиксированные значения показателей, но и на динамику их изменения во времени. Такой подход создает основу для построения цифрового двойника, ориентированного не только на описание транспортной системы, но и на формирование управленческих решений.

2. Цифровой двойник транспортной системы как инструмент управления

В рамках предложенного подхода цифровой двойник транспортной системы рассматривается не только как средство моделирования, но и как инструмент формирования управленческих решений на основе текущего состояния системы и динамики его изменения.

Цифровой двойник реализует отображение состояния транспортной системы в пространство управленческих воздействий:

$$O: X(t) \to U(t),$$

где $X(t)$ – состояние транспортной системы в момент времени t;

$U(t)$ – множество управленческих решений;

O – оператор, реализуемый цифровым двойником.

В качестве управленческих решений $U(t)$ могут выступать изменения маршрутов движения, перераспределение транспортных потоков, корректировка графиков перевозок, изменение загрузки транспортных узлов, а также другие воздействия, направленные на повышение эффективности функционирования системы.

Таким образом, цифровой двойник выступает связующим звеном между наблюдаемым состоянием транспортной системы и задачами управления, обеспечивая переход от анализа к принятию решений.

Существенным отличием предлагаемого подхода является учет динамического характера транспортных процессов. Управление системой определяется не только текущим состоянием $X(t)$, но и траекторией его изменения во времени. В этом случае управленческое воздействие может быть представлено как функционал от последовательности состояний:

$$U(t) = O(X(t), X(t-1), \dots, X(t-k)),$$

где k – глубина учета предшествующих состояний системы.

Такое представление позволяет учитывать накопленные эффекты, инерционность транспортных процессов, а также влияние ранее принятых управленческих решений на текущее состояние системы.

Дополнительно вводится оценка риска перехода транспортной системы в критическое состояние, определяемая как вероятность достижения неблагоприятных режимов функционирования:

$$R(t) = P(X(t+\tau) \in \Omega_{crit}),$$

где τ – горизонт прогнозирования;

Ω_{crit} – множество критических состояний транспортной системы.

Оценка риска позволяет учитывать не только текущее состояние системы, но и потенциальные угрозы, связанные с перегрузкой транспортной инфраструктуры, нарушением устойчивости потоков и снижением эффективности перевозочного процесса [6-7].

Таким образом, цифровой двойник транспортной системы обеспечивает интеграцию функций мониторинга, прогнозирования и управления, формируя основу для повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта.

3. Модель динамики транспортных потоков на основе рекуррентных зависимостей (GRU)

Как было отмечено ранее, ключевой особенностью транспортных систем является их динамический характер. Состояние системы в текущий момент времени определяется не только текущими значениями параметров потоков, но и предшествующей траекторией их изменения.

В этой связи возникает задача аппроксимации динамики транспортной системы, то есть построения модели, позволяющей по наблюдаемой последовательности состояний восстанавливать её эволюцию во времени.

Для решения данной задачи предлагается использовать рекуррентное представление динамики, в рамках которого состояние системы описывается через скрытое состояние:

$$h_t = f(X(t), h_{t-1}),$$

где $X(t)$ – наблюдаемое состояние транспортной системы;

h_t – скрытое состояние, отражающее накопленную динамику системы;

$f(\cdot)$ – оператор перехода.

В качестве оператора $f(\cdot)$ используется рекуррентная модель, позволяющая учитывать временные зависимости и инерционность транспортных процессов. В частности, для аппроксимации динамики предлагается использовать механизм *gated recurrent unit* (GRU), обладающий способностью эффективно учитывать долгосрочные зависимости во временных рядах [8].

В этом случае динамика системы описывается следующим образом:

$$h_t = GRU(X(t), h_{t-1}).$$

Использование скрытого состояния h_t позволяет учитывать не только текущее значение параметров потоков, но и их предшествующую динамику, включая накопленные эффекты перегрузки, изменения интенсивности движения и влияние ранее принятых управленческих решений.

Цифровой двойник транспортной системы в этом случае реализует отображение

скрытого состояния в пространство управленческих воздействий:

$$U(t) = O(h_t),$$

где $O(\cdot)$ – оператор формирования управленческих решений.

Таким образом, цифровой двойник может быть представлен в виде композиции моделей:

$$D = O \circ GRU,$$

где, рекуррентная модель обеспечивает восстановление динамики транспортной системы, а оператор O – формирование управленческих решений.

Предложенный подход позволяет учитывать временную структуру транспортных процессов и использовать накопленную информацию о состоянии системы при выработке управленческих воздействий. Это особенно важно в условиях высокой изменчивости транспортных потоков и наличия запаздывающих эффектов, характерных для систем автомобильного транспорта [9-10].

Заключение

В работе предложен подход к моделированию и управлению транспортными потоками на основе концепции цифрового двойника. Транспортная система рассматривается как динамическая структура, представленная совокупностью потоков, изменяющихся во времени.

Разработана формализация состояния транспортной системы, учитывающая параметры потоков, нарушения функционирования и резервы устойчивости. Показано, что эффективное управление транспортными процессами требует учета не только текущего состояния системы, но и траектории его изменения.

Предложена интерпретация цифрового двойника как инструмента формирования управленческих решений, реализующего отображение состояния системы в пространство управленческих воздействий. Для описания динамики транспортных процессов использована рекуррентная модель, позволяющая учитывать временные зависимости и накопленные эффекты.

Дополнительно введена оценка риска перехода транспортной системы в критические состояния, что позволяет учитывать потенциальные угрозы, связанные с перегрузкой инфраструктуры и нарушением устойчивости потоков.

Предложенный подход может быть использован при решении задач транспортного планирования, управления перевозками, оптимизации логистических процессов и повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методов практической реализации цифровых двойников транспортных систем, а также с интеграцией предложенного подхода в интеллектуальные системы управления транспортом.

Литература

1. Национальный проект «Эффективная транспортная система» http://government.ru/rugovclassifier/925/about/

2. Смирнов А.Ю. Анализ развития транспортной системы Санкт-Петербурга. *Мир новой экономики*. 2021;15(2):89-96. https://doi.org/10.26794/2220-6469-2021-15-2-89-96

3. Q. Qi and F. Tao, "Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison," in IEEE Access, vol. 6, pp. 3585-3593, 2018, https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2793265.

4. Клейнер, Г.Б. Системная экономика : шаги развития : монография / Г. Б. Клейнер; автор предисловия В. Л. Макаров; Центральный экономико-математический институт РАН. – [Москва] : Научная библиотека, 2021. – 746 с.

5. The Geography of Transport Systems (6th ed.). Jean-Paul Rodrigue (2024), New York: Routledge, 402 pages. ISBN 9781032380407. https://doi.org/10.4324/9781003343196

6. Оценка риска возникновения аварийных ситуаций в процессе эксплуатации автомобильных дорог при перевозке нефти и нефтепродуктов / А. П. Бызов, Ю. Г. Лазарев, Я. А. Попова, Д. А. Голубев // Грузовик. – 2025. – № 11. – С. 24-30. – https://doi.org/10.36652/1684-1298-2025-11-24-30. – EDN MVVSBC.

7. Талипова, Л. В. Методика применения геоинформационных систем для повышения эффективности функционирования транспортных систем / Л. В. Талипова, Ю. Г. Лазарев // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2025. – № 2(72). – С. 291-300. – https://doi.org/10.48612/NewsKSUAE/72.26. – EDN QFNNYE.

8. Heaton, J. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville: Deep learning. *Genet Program Evolvable Mach* 19, 305–307 (2018). https://doi.org/10.1007/s10710-017-9314-z

9. Modern research in the development of information technologies / Yu. Lazarev, S. Luneva, A. Bashkarev [et al.] // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 07019. – https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338907019. – EDN MPKOVQ.

10. M. A. Al-Batahari and M. Nasar, "AI-Driven Digital Twin Models for Predictive Maintenance in Smart Infrastructure," *2025 International Conference on Intelligent Computing, Information and Control Systems (ICOIICS)*, Lalitpur, Nepal, 2025, pp. 561-567, https://doi.org/10.1109/ICOIICS67115.2025.11390178.

УДК 621.671, 532.542

ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ НАСОСОМ

Н.Л. Великанов[1], В.А. Наумов[2]

Калининградский государственный технический университет, Россия, 236000*, г. Калининград, Советский пр.,* 1.

Цель данной статьи – разработка инженерного метода гидравлического расчета, позволяющего избежать необходимости находить решение системы дифференциальных уравнений поставленной задачи. Необходимы рабочие характеристики центробежного насоса. Они берутся из технической документации. Зависимость напора и затраченной мощности от подачи можно аппроксимировать многочленами второй степени. Снижение расхода воды со временем (то есть с увеличением статического напора) происходит, практически линейно. Это позволяет предложить инженерный метод расчета без необходимости решать систему дифференциальных уравнений. Метод основан на гипотезе квазистационарности течения.

Ключевые слова: напор, затраченная мощность, подача, нагрузочная и энергетическая характеристики.

ENGINEERING METHOD FOR CALCULATING UNSTEADY PUMPING PROCESS BY CENTRIFUGAL PUMP

N. L. Velikanov, V.A. Naumov

Kaliningrad State Technical University, Russia, 236000, *Kaliningrad, Sovetsky Ave.,* 1.

The purpose of this article is to develop an engineering method of hydraulic calculation, which avoids the need to find a solution to a system of differential equations for a given problem. The performance characteristics of a centrifugal pump are required. They are taken from the technical documentation. The dependence of pressure and power consumption on supply can be approximated by polynomials of the second degree. The decrease in water consumption over time (that is, with an increase in static pressure) occurs almost linearly. This allows us to propose an engineering calculation method without having to solve a system of differential equations. The method is based on the hypothesis of quasi-stationary flow.

Keywords: pressure, power consumption, supply, load and energy characteristics.

В коммунальном хозяйстве, химической и нефтехимической промышленности часто приходится перекачивать воду (или водные растворы) из одной емкости в другую. Для этих целей, как правило, используются центробежные насосы (ЦН) [1-3]. При проектировании таких насосных установок (рис. 1) необходимо выполнить гидравлический расчет.

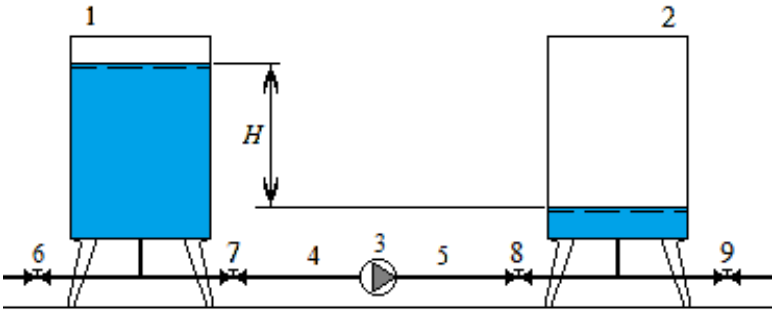

Рисунок 1 – **Схема насосной установки**: 1 и 2 – исходная и конечная емкость, 3 – ЦН, 4 и 5 – всасывающий и нагнетательный трубопровод, 6, 7, 8, 9 – вентили

EDN **JIEFGW**

[1]*Великанов Николай Леонидович – доктор технических наук, профессор, профессор НОЦ судостроения, морской инфраструктуры и техники, КГТУ, тел.* 8 (4012) 56 48 02*; e-mail: nikolaj.velikanov@klgtu.ru, https://orcid.org/*0000-0001-6833-7417;

[2]*Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, КГТУ, тел*. 8 (4012) 99 53 37; *e-mail: vladimir.naumov@klgtu.ru, https://orcid.org/*0000-0003-0560-5933.

В исследованиях [4-8] было показано, что при определенных условиях в гидравлических расчетах необходимо учитывать процесс перекачивания.

Так в [9] аналитически решена задача турбулентного истечения жидкости из большого резервуара в атмосферу через трубопровод после мгновенного открытия затвора и задача выравнивания уровня в двух сосудах, соединенных трубопроводом. ЦН в рассмотренных гидравлических системах отсутствует, полученное решение справедливо для развитого турбулентного течения (когда коэффициент гидравлического сопротивления зависит только от относительной шероховатости трубы).

В [10-12] решаются различные задачи перекачивания жидкости центробежным насосом. Принцип работы центробежного насоса основан на принудительном вихревом потоке. Увеличение напора приводит к перемещению воды из одной точки в другую. Жидкость перемещается внутри корпуса под действием центробежной силы. Центробежные насосы предназначены для создания потока или подъема жидкости с более низкого уровня на более высокий. Принцип работы этих насосов основан на простом механизме. Центробежный насос преобразует энергию вращения, поступающую от двигателя, в энергию движущейся жидкости.

Жидкость в центробежном насосе поступает в корпус, попадает на лопасти рабочего колеса в проушине и вращается в радиальном направлении наружу. Центробежный насос является важным продуктом для промышленного применения.

Для жидкостей с более высокой вязкостью объемные насосы лучше центробежных насосов, что позволяет снизить затраты на электроэнергию. Центробежные насосы используются для многих видов перекачки жидкостей. Поэтому они пользуются большим спросом в различных отраслях промышленности. Наиболее распространенные области применения центробежных насосов включают перекачку воды, водоснабжение, поддержку систем пожарной безопасности и регулирование подачи горячей воды. Также центробежные насосы применяются в энергетической и нефтяная промышленности, химической и нефтехимической, пищевой промышленности.

В [13] нестационарное уравнение Бернулли применено для гидравлического расчета системы транспортирования по трубопроводу маловязких пищевых жидкостей (например, молока) из одной емкости в другую с помощью центробежного насоса. Для решения поставленной задачи Коши (система двух дифференциальных уравнений с начальными условиями) пришлось использовать численный метод. Было установлено, что в процессе транспортирования из-за увеличения статического напора расход жидкости Q заметно снижается. Причем уменьшение величины Q по времени близко к линейной зависимости.

Цель данной статьи – разработка инженерного метода гидравлического расчета, позволяющего избежать необходимости находить решение системы дифференциальных уравнений поставленной задачи.

Необходимы рабочие характеристики ЦН. В данной статье воспользуемся данными из технической документации ЛМ 50-8/3 [14]. На рис. 2, 3 они показаны точками. Зависимость напора $H_p(Q)$ и затраченной мощности N ЦН от подачи можно аппроксимировать многочленами второй степени:

$$H_p \equiv f_1(Q) = a_0 + a_1 Q + a_2 Q^2, \quad N \equiv f_2(Q) = b_0 + b_1 + Q + b_2 Q^2, \qquad (1)$$

где эмпирические коэффициенты были найдены методом наименьших квадратов: a_0 = 4,14 м; a_1 = 0,581 м/л; a_3 = –0,514 м/л^2; b_0 = 115,5 Вт; b_1 17,13 Вт/л; $b_2 \approx 0$.

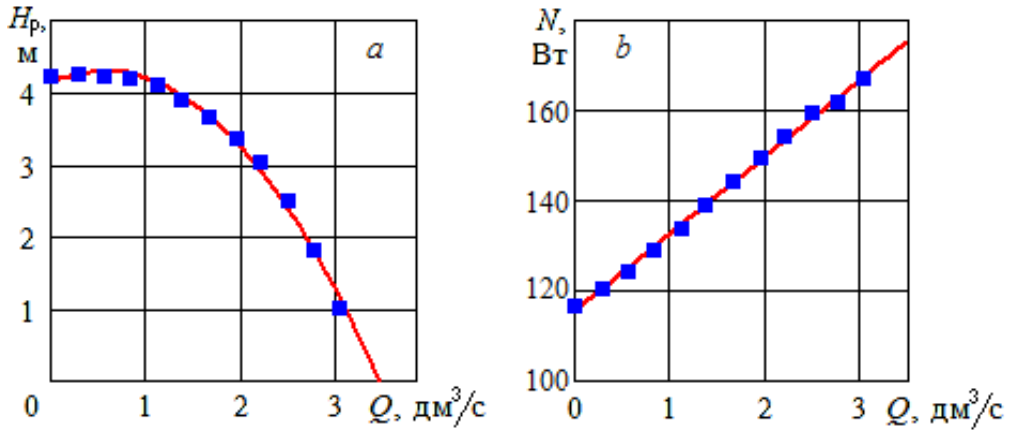

Рисунок 2 – **Нагрузочная (*a*) и энергетическая (*b*) характеристики ЦН ЛМ 50-8/3.** Точки – экспериментальные данные [14], линии – расчет по формулам (1)

Обратим внимание, что для рассматриваемой марки насоса функция $f_2(Q)$ близка к линейной см. рис. 2*b*), поэтому последний коэффициент во второй формуле можно принять равным нулю.

Коэффициент полезного действия (ГКПД) η и показатель удельных энергетических затрат (ПУЭЗ) E:

$$\eta = 100\cdot\rho\cdot g\cdot Q\cdot H/N = 100\cdot\rho\cdot g\cdot f_1(Q)/\, f_2(Q),$$
$$E = N/Q = f_2(Q)/\, f_1(Q), \qquad (2)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м^3; g – ускорение свободного падения м/с^2.

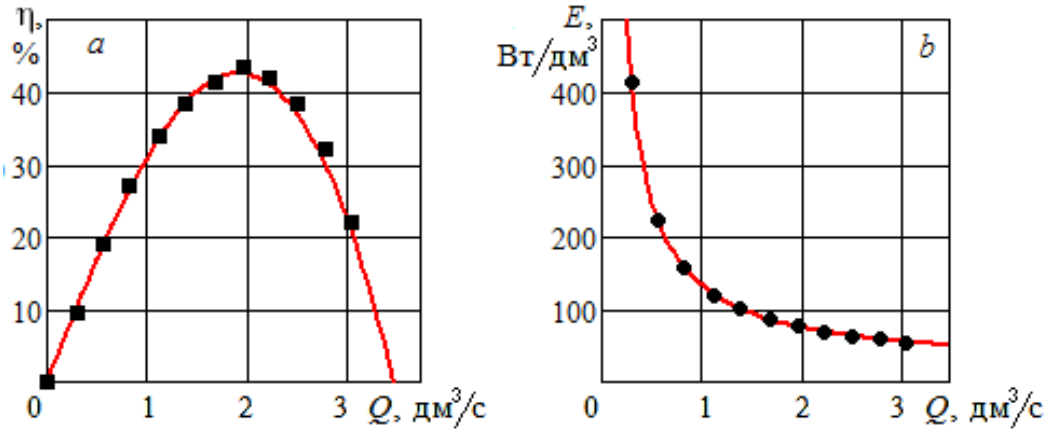

Рисунок 3 – **ГКП (*a*) и ПУЭЗ (*b*) ЦН ЛМ 50-8/3**. Точки – экспериментальные данные [14], линии – расчет по формулам (2)

Помимо дифференциального уравнения для объема перекачиваемой жидкости V, требуется задание начального условия:

$$dV/dt = Q,\ V(0) = 0,\ Q = W\cdot S_0, \qquad (3)$$

где Q, W – объемный расход и скорость жидкости в трубопроводе, соответственно;

t – время;

$S_0=\pi d^2/4$ – площадь поперечного сечения трубопровода;

d – его внутренний диаметр.

Полагаем, что на всем протяжении потока скорость движения жидкости одинакова и плавно изменяется по времени. Тогда нестационарное уравнение Бернулли также представляет собой дифференциальное уравнение первого порядка [12, 13] (с начальным условием $Q(0) = 0$):

$$\frac{L}{gS_0}\cdot\frac{dQ}{dt} = H_p(Q) + H(t) - b\cdot Q^2,$$

$$b = \frac{\zeta}{2gS_0^2}, \qquad (4)$$

где L –длина трубопровода;

H_p – мгновенное значение напора насоса;

H – разность уровней;

ζ – коэффициент гидравлического сопротивления сети:

$$\zeta = \lambda\frac{L}{d} + \sum_i \zeta_{Mi}\ ,\ \lambda = 0{,}11\cdot\left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0{,}25}$$

где $Re = \dfrac{W\cdot d}{\nu}$; (5)

Δ – абсолютная эквивалентная шероховатость (АЭШ) трубопровода;

ζ_{Mi} – коэффициенты потерь в местных гидравлических сопротивлениях;

ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости;

Re – число Рейнольдса.

Для АЭШ полиэтиленовых труб используем зависимость [15], подобранную по экспериментальным данным:

$$\Delta = (0{,}1038 - 0{,}0981\ d + 0{,}0386\ d^2)\cdot d, \qquad (6)$$

где величины Δ и d – в мм.

Решение задачи Коши было найдено численным методом в среде Mathcad при следующих значениях параметров: площадь поперечного сечения исходной и конечной емкости $S_1 = S_2 = 1$ м^2; длина трубопровода $L = 25$ м; начальная глубина слоя воды в исходной емкости $H_1(0) = 2$ м, в конечной – $H_2(0) = 0$; $\Sigma\zeta_M = 4$; $d = 35$, 39 и 45 мм. Результаты решения представлены на рис. 4 и 5.

По рис. 4 можно определить время T, за которое будет перекачан заданный объем воды, в рассматриваемом случае $V_K = 2$ м^2. Чем больше диаметр трубопровода, тем меньше гидравлическое сопротивление по длине, выше расход воды (рис. 5) и меньше время T. Графики рис. 5, позволяют рассчитать механическую работу, затраченную на перекачивания воды с помощью численного интегрирования

$$A = \int_0^T f_2\left(\Psi(t)\right) dt\,, \qquad (7)$$

где $f_2(Q)$ находится по второй формуле (1).

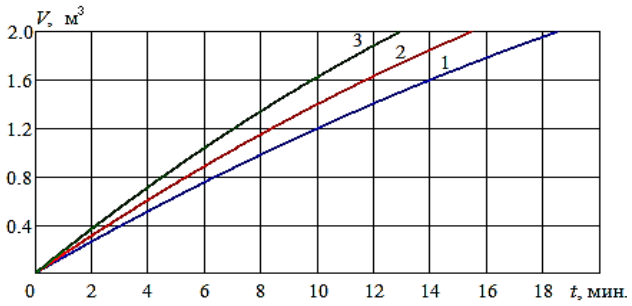

Рисунок 4 – **Изменение объема перекачанной воды по времени при разных диаметрах трубопровода**: 1 – 35 мм, 2 – 39 мм, 3 – 45 – мм

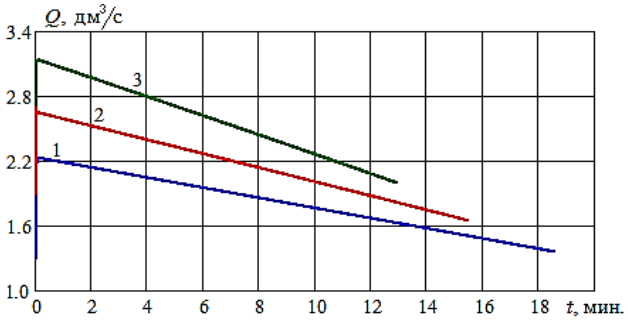

Рисунок 5 – **Изменение расхода воды по времени при разных диаметрах трубопровода**: 1 – 35 мм, 2 – 39 мм, 3 – 45 – мм

Отметим, что снижение расхода воды со временем (то есть с увеличением статического напора) по рис. 5 происходит, практически линейно. Это позволяет предложить инженерный метод расчета без необходимости решать систему дифференциальных уравнений (3)-(4). Этот метод основан на гипотезе квазистационарности течения и включает следующие этапы.

1. Для заданных параметров находим расход воды в рабочей точке насосной установки в начальный момент Q_H и в конечный момент Q_K (на рис. 6 в точках А и В, соответственно).

2. Рассчитываем среднее значение расхода воды, как полу сумму начального и конечного значений, $Q_C = 0{,}5\cdot(Q_H + Q_K)$ и приближенное значение продолжительности перекачивания $T_n = V_K/Q_C$.

3. Определяем затраченную мощность в начальный и конечный момент, соответственно, $N_H = f_2(Q_H)$, $N_K = f_2(Q_K)$.

4. Рассчитываем среднее значение затраченной мощности, $N_C = 0{,}5\cdot(Q_H + Q_K)$ и приближенное значение механической работы $A_n = N_C\cdot T_n$.

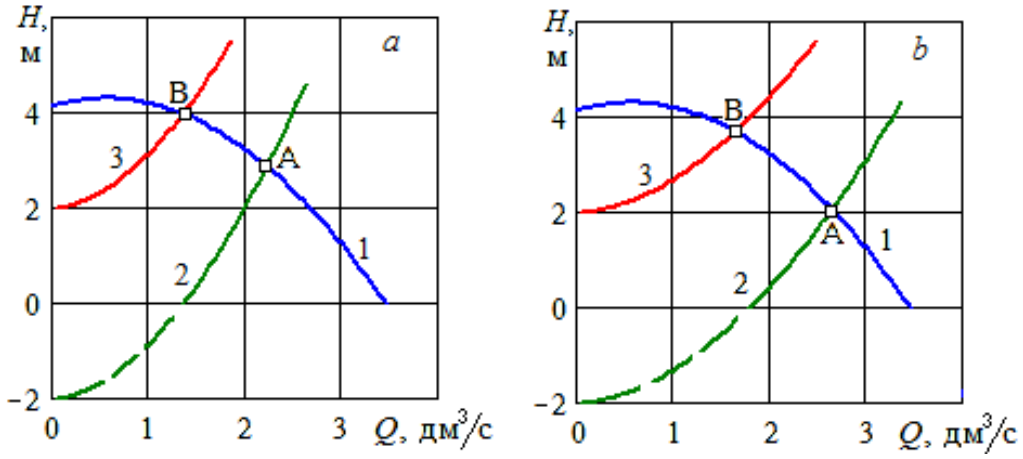

Рисунок 6 – **Определение РТНУ при *d* = 35 мм (*a*) и *d* = 39 мм (*b*):** линия 1 – нагрузочная характеристика насоса ЛМ 50-8/3, 2 – характеристика трубопровода в начальный момент, 3 – в конечный момент. Точка А – РТНУ в начальный момент, В – в конечный момент

Погрешности расчета времени перекачивания ε_T и механической работы ε_A инженерным методом рассчитаем по формулам:

$$\varepsilon_T = 100\cdot(T_n/T - 1), \quad \varepsilon_A = 100\cdot(A_n/A - 1). \qquad (8)$$

Результаты расчета погрешностей представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – **Погрешности расчета времени перекачивания инженерным методом**

d	T	Q_H	Q_K	Q_C	T_n	ε_T
мм	мин.	дм^3/с	дм^3/с	дм^3/с	мин.	%
35	18,56	2,228	1,361	1,794	18,58	0,12
39	15,50	2,646	1,647	2,147	15,53	0,20
45	12,96	3,134	1,995	2,565	13,00	0,32

Таблица 2 – **Погрешности расчета энергетических затрат инженерным методом**

d	A	N_H	N_K	N_C	A_n	ε_A
мм	кДж	Вт	Вт	Вт	кДж	%
35	162,9	153,7	138,9	146,3	163,1	0,09
39	141,7	160,9	143,8	152,3	141,9	0,15
45	124,1	169,2	149,8	124,4	124,4	0,21

По табл. 1 и 2 погрешности расчета времени перекачивания и механической работы инженерным методом не превышают 0,32%. Следовательно, для определения времени перекачивания и энергетических затрат в рассматриваемой задаче можно обойтись без численного решения системы дифференциальных уравнений. Применение приближенного метода инженерного расчета дает вполне приемлемые результаты. Однако следует заметить, что энергетическая характеристика $f_2(Q)$ рассмотренного насоса ЦН ЛМ 50-8/3 является линейной (см. рис.2*b*). Поэтому в дальнейшем целесообразно выполнить тестирование предложенного инженерного метода на насосах с нелинейной энергетической характеристикой.

Литература

1. Лысенко О.А., Кузнецов Е.М. Энергоэффективные режимы работы установок центробежных насосов. - Вестник Югорского государственного университета. 2012. № 2 (25). С. 79-86.
2. Степанов С.Е., Васенин А.Б., Груздев В.В., Крюков О.В., Мещеряков В.Н. Цифровой двойник системы "пласт - скважина - электроприводной центробежный насос" нефтегазовых месторождений. - Автоматизация и IT в нефтегазовой области. 2024. № 2 (56). С. 16-26.
3. Носков Р.О., Лямасов А.К. Центробежный герметичный насос дг320-50 для технологической линии аммиака при производстве азотных удобрений. - Гидравлика. 2020. № 9. С. 36-42.
4. Балышев О.А., Балышев С.О. Нелинейные динамические гидравлические цепи // Доклады РАН. – 2004. – Т. 397, № 5. – С. 606–609.
5. Giustolisi O., Berardi L., Laucelli D. Generalizing WDN Simulation Models to Variable Tank Levels // Journal of Hydroinformatics. – 2012. – No. 14. – P. 562–573.
6. Todini E., Rossman L.A. Unified Framework for Deriving Simultaneous Equation Algorithms for Water Distribution Networks // Journal of Hydraulic Engineering. – 2013. – Vol. 139, No. 5. – P. 511–526.
7. Применение метода контрольного объема для моделирования нестационарных процессов в трубопроводных системах / В.Ю. Волков, Л.А. Голибродо, И.Г. Зорина и др. // Математическое моделирование и численные методы. – 2016. – № 4(12). – С. 34–46.
8. Чугаев Р.Р. Гидравлика (техническая механика жидкости): учебник. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 672 с.
9. Зезин В. Г. Нестационарные процессы гидродинамики: учебное пособие. – Челябинск: Изд–во ЮУрГУ, 2011. – 74 с.
10. Христо П.Е. Оптимизация энергопотребления центробежной машины в нестационарных режимах в ограниченной области изменения переменных // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2014. – № 12. – С. 2–16.
11. Протопопов А.А., Виговский В.И. Анализ работы центробежного насоса в составе системы с изменяющимися параметрами // Политехнический молодежный журнал. – 2017. – № 11. – 6 с. – URL: http://ptsj.ru/articles/198/198.pdf.
12. Наумов В.А. Анализ нестационарной математической модели простой гидравлической сети с центробежным насосом // Вестник Ивановского государственного энергетического института. 2020. № 4. С. 64–70.
13. Ахмедова Н.Р., Левичева О.И., Наумов В.А. Гидравлический расчет технологического трубопровода для перекачивания молочных продуктов центробежным насосом // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 216–225.
14. Катайский насосный завод. Каталог продукции [Электронный ресурс]. – URL: https://knz.nt-rt.ru/images/showcase/catalog.pdf (дата обращения: 08.02.2026).
15. Наумов В.А. Расчет коэффициента гидравлических потерь по длине пластмассовых труб // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2022. Т. 8, № 1. С.17-24.

УДК 62-192

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРИБЫЛИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ С УЧЕТОМ ДОСТИГНУТОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ В УСЛОВИЯХ КОНТРАКТА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СИСТЕМЫ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.А. Мелехин[1], П.Н. Булавина[2]

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Россия, 190005*, Санкт-Петербург, ул.* 1*-я Красноармейская, д.* 1.

В статье изложена методика расчета прибыли изготовителя с учетом достигнутого коэффициента готовности. Разработанная методика позволяет соотнести показатель готовности со стоимостью эксплуатации на основе выбранной модели контракта, результатом которой оказывается конечная величина прибыли изготовителя. В математической модели определения коэффициента готовности, положенной в основу методики, используется нормальный закон распределения, а интенсивности отказов и восстановлений представляют собой функции времени, а не стационарные значения, что является существенным отличием методики от ранее известных. Кроме того, для нахождения необходимых выражений были использованы ряд Маклорена и аппроксимация Паде. Выведена формула конечной прибыли изготовителя, учитывающая отклонение фактического значения коэффициента готовности от планируемого, установленного в контракте.

Ключевые слова: готовность, контракт, риск-разделенное партнерство, прибыль.

METHODOLOGY FOR CALCULATING THE MANUFACTURER'S PROFIT TAKING INTO ACCOUNT THE ACHIEVED VALUE OF THE SUPPORT COEFFICIENT UNDER THE TERMS OF THE CONTRACT FOR A LIFE CYCLE SYSTEM FOR CRITICAL APPLICATIONS

A.A. Melekhin, P.N. Bulavina

BSTU "VOENMEH" named after D.F. Ustinov

Russia, 190005*, Saint Petersburg, 1st Krasnoarmeyskaya Street,* 1.

The article describes the methodology for calculating the manufacturer's profit, taking into account the achieved availability factor. The developed methodology makes it possible to correlate the availability indicator with the cost of operation based on the selected contract model, which results in the final profit of the manufacturer. The mathematical model used to determine the availability coefficient uses a normal distribution law, and failure rates and recoveries are functions of time rather than stationary values, which is a significant difference from the previously known methods .In addition, the Maclaurin series and the Pade approximation were used to find the necessary expressions. The formula of the manufacturer's final profit is derived, taking into account the deviation of the actual value of the availability coefficient from the planned one specified in the contract.

Keywords: availability, contract, risk-sharing partnership, profit.

Введение

Контрактация в Российской Федерации представлена ФЗ № 44 «О контрактной системе в сфере закупок работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», ФЗ № 275 «О государственном оборонном заказе», стандартом ГОСТ Р 56136-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения».

Соглашения между изготовителем и потребителем выглядят достаточно просто: потребитель желает получить изделия определенного качества в указанные сроки за совместно установленную сторонами стоимость, а изготовитель – указанную в контракте сумму, затратив минимальные усилия. Но современные условия диктуют определенные нюансы: со стороны потребителя возникают постоянно нарастающие

EDN JJNBQK

[1]*Мелехин Александр Алексеевич – старший преподаватель, e-mail: santi.melekhin@mail.ru;*

[2]*Булавина Полина Николаевна – студент, e-mail: kaitosumimasen@gmail.com.*

потребности, выражающиеся в научно-технических и технологических сложностях; со стороны изготовителя – усложняющиеся условия проектного, технологического и эксплуатационного обеспечения системы. Все это обуславливает появление множества технико-экономических проблем при взаимодействии изготовителя и потребителя систем ответственного назначения, выражающихся в нестыковках, односторонних толкованиях и других особенностях, свойственных цифровой экономике нашего времени [1].

Сказанное выше, как и достижение оптимальных сочетаний параметров системы эксплуатации со стоимостью проекта [2], выявляет необходимость использования моделей контрактов с риск-разделенным партнерством изготовителя и заказчика.

Важным показателем контрактации жизненного цикла (КЖЦ) является готовность технических систем. Готовность технической системы характеризует ее способность находиться в работоспособном состоянии в заданный или произвольный момент времени функционирования. Термин «готовность» регламентируется [3].

Для обеспечения требуемого уровня готовности необходима информационная поддержка жизненного цикла [4]. Одной из составляющих информационной поддержки является интегрированная логистическая поддержка (ИЛП), охватывающая комплекс управленческих и информационных процессов и процедур, выполняемых в течение всего ЖЦ системы, направленных на сокращение затрат на послепродажное сопровождение при непременном обеспечении заданного уровня готовности [5].

При этом контрактация жизненного цикла и интегрированная логистическая поддержка неразрывно связаны друг с другом и необходимы для поддержания высокой готовности на этапе эксплуатации.

Целесообразным становится рассмотреть работу системы ответственного назначения при риск-разделенном партнерстве изготовителя и потребителя, которое способствует регулированию стоимости контракта жизненного цикла изделия в зависимости от степени ответственности каждой стороны. Данный подход позволяет рассматривать как объект отношений не само изделие, а достижение им определенного уровня тактико-технических характеристик, в том числе коэффициента готовности [1], что положительно влияет на этапы проектирования, производства и эксплуатации изделия, стимулируя изготовителя на достижение указанных в контракте целей. На рисунке 1 представлена схема для расчета коэффициента готовности на основе данных ИЛП и контракта ЖЦ.

Рисунок 1 – **Обобщенная схема для обеспечения требуемого уровня готовности системы ответственного назначения**

1. Описание системы эксплуатации изделия

Период эксплуатации рассматриваемого изделия охарактеризуем состояниями, каждое из которых либо соответствует работоспособному, либо описывает отказ или процессы ремонта и технического обслуживания. Использование смешанной стратегии технических обслуживаний [6] позволяет разделить последние на проводящиеся в течение простоев, а также периодические и в связи с внезапным отказом.

Система ответственного назначения состоит из множества элементов, каждый из которых подвержен различным внешним воздействиям, что делает время его работы непостоянным и, следовательно, случайным. Последействие отказов вынуждает рассматривать интенсивность отказов как непостоянную величину, что применимо и к интенсивности восстановления [7].

Для аппроксимации вероятности времени наработки, отказа или восстановления часто применяется экспоненциальный закон рас-

пределения. Проблема применения такого закона при рассмотрении технической системы состоит в том, что многие его ограничения спорят с принципом работы изделия [8].

Можно выделить следующие аспекты, согласно которым применение этого распределения для системы ответственного назначения становится спорным:

1. потоки отказов и восстановлений простейшие: обладают свойствами ординарности, стационарности и отсутствия последействия. В то же время неодновременность работы элементов системы, наличие последействия отказов делает интенсивность отказов системы в целом непостоянной. Время окончательного восстановления зависит от времени, уже затраченного на ремонт (восстановление), следовательно, интенсивность восстановления – случайная величина;

2. показательное распределение описывает работу системы, для которой характерны отказы в самом начале эксплуатации из-за наличия скрытых дефектов;

3. в период нормальной эксплуатации отказ происходит вследствие внешних воздействий (механических воздействий, перепада температур, электромагнитных помех и т.д.), следовательно, не удастся устранить причину отказа, если просто заменить старую деталь на новую, а значит нет необходимости в проведении плановых ремонтов. Такое условие не соответствует рассматриваемой модели ремонта и технического обслуживания;

4. свойство отсутствия памяти, которым обладает распределение, говорит об отсутствии старения системы и противоречит естественным физическим представлениям о ней как о техническом изделии.

Для аппроксимации времени работы системы взят нормальный закон распределения [9] при следующих допущениях: множество различных факторов, действующих на систему, можно считать равнозначными; отказы происходят постепенно; отказы системы возникают вследствие старения ее элементов, а не в начале эксплуатации в связи со скрытыми дефектами; время работы системы длительное. Также необходимо учесть, что закон распределения Гаусса – предельный закон, к которому приближаются другие законы распределения, следовательно, при довольно длительной эксплуатации можно рассматривать его как общий случай.

Функционирование системы ответственного назначения представлено в виде графа состояний на рисунке 2. Наличие того или иного перехода обусловлено оптимальностью работы системы.

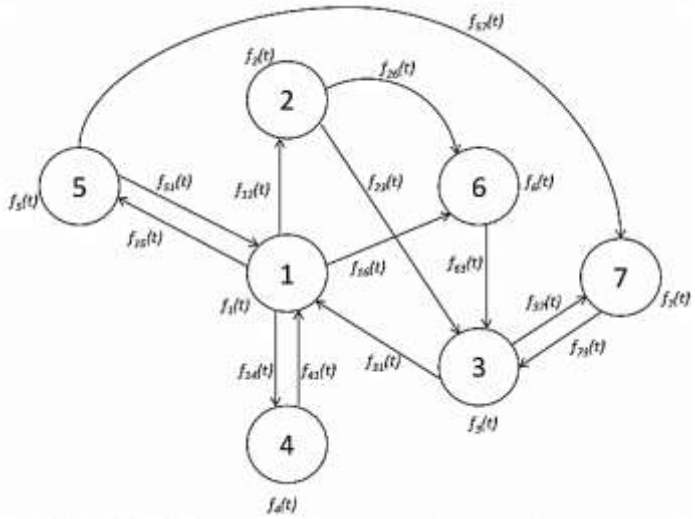

Рисунок 2 – **Граф состояний сложной системы**: 1 – работоспособное состояние (подготовка системы к применению по назначению, применение, дежурный режим), 2 – неидентифицированный отказ, 16 – ремонт вследствие внезапного отказа, 4 – техническое обслуживание (во время простоя), *17* 5 – плановые работы для предупреждения отказов, 6 – идентифицированный отказ, 7 – задержки при ремонте и ТО

На рисунке введены следующие обозначения: $f_1(t), f_2(t), f_3(t), f_4(t), f_5(t), f_6(t), f_7(t)$ – плотности вероятностей распределения времени пребывания системы в состояниях: работоспособном, неидентифицированного отказа, ремонта вследствие внезапного отказа, технического обслуживания, плановых работ, идентифицированного отказа и задержек соответственно; $f_{12}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из работоспособного состояния в неидентифицированный отказ; $f_{14}(t)$ – плотность вероятности распределения

времени перехода из работоспособного состояния в техническое обслуживание (во время простоя); $f_{15}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из работоспособного состояния в плановые работы; $f_{16}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из работоспособного состояния в идентифицированный отказ; $f_{23}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из неидентифицированного отказа в ремонт вследствие внезапного отказа; $f_{26}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из неидентифицированного отказа в идентифицированный отказ; $f_{31}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из ремонта вследствие внезапного отказа в работоспособное состояние4 $f_{37}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из ремонта вследствие внезапного отказа в задержки при ремонте и ТО; $f_{41}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из технического обслуживания (во время простоя) в работоспособное состояние; $f_{51}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из плановых работ для предупреждения отказов в работоспособное состояние; $f_{57}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из плановых работ для предупреждения отказов в задержки при ремонте и ТО; $f_{63}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из идентифицированного отказа в ремонт вследствие внезапного отказа; $f_{73}(t)$ – плотность вероятности распределения времени перехода из задержки при ремонте и ТО в ремонт вследствие внезапного отказа соответственно.

2. Определение коэффициента готовности

Представим коэффициент готовности в виде отношения (1):

$$\mathrm{K}_{\mathrm{г}}(t) = \frac{t_1}{t_1 + t_{\mathrm{в}}} = \frac{\sum_{n=1}^{m} t_{1_n}}{\sum_{n=1}^{m} t_{1_n} + \sum_{a=1}^{b} t_{\mathrm{в}a}}, \qquad (1)$$

где t_1 – суммарная наработка изделия на отказ в заданном интервале эксплуатации;

$t_{\mathrm{в}}$ – суммарное время восстановления изделия за этот же период эксплуатации.

Выражение (1) представляет собой отношение двух нормально распределенных случайных величин, что в свою очередь указывает на признак распределения Коши, однако исследования, проведенные в работах [10] и [11], демонстрируют применимость и отсутствие противоречия в использовании гипотезы о нормальном законе распределения в нашем случае.

Отметим, что суммарное время восстановления включает в себя переходы из состояний ремонта в связи с внезапным отказом и технического обслуживания во время простоя; переход из 5-го состояния в 1-е не учитывается, так как состояние 5 является плановым мероприятием, его рассмотрение исключается самим определением коэффициента готовности [3].

Наработка на отказ, как время нахождения в работоспособном состоянии, представлена как сумма наработок от начального момента времени до первого отказа и после восстановления до очередного отказа. Из всех рассматриваемых состояний работоспособным является только первое, так как во время технического обслуживания, ремонта, задержки или плановых работ изделие не способно выполнять требуемые функции, что характеризует перечисленные состояния как неработоспособные согласно [3]. Тогда в начальный момент времени получим:

$$\sum_{i=1}^{n} P_i(0) = 1,$$

где i – индекс, характеризующий состояние системы;

$P_1(0) = 1$; $P_2(0) = 0$; $P_3(0) = 0$;
$P_4(0) = 0$; $P_5(0) = 0$; $P_6(0) = 0$;
$P_7(0) = 0$.

Не все состояния и переходы будут учтены в полученных выражениях, однако они нужны для полного представления о работе системы и могут быть использованы при изменении условий эксплуатации.

Так с учетом совместности событий нахождения в состоянии и перехода из него в другое время восстановления можно представить в виде:

$$t_{\mathrm{в}} = \int P_{\mathrm{в}}(t)dt;$$

$$P_{\mathrm{в}}(t) = P_i(t) \cdot P_{i1}(t) = \int f_i(t)dt \cdot \int f_{i1}(t)dt.$$

Время нахождения в работоспособном состоянии:

$$t_1 = \int P_1(t)dt;$$

$$P_1(t) = \int f_1(t)dt.$$

Плотности вероятности распределения времени подчиняются нормальному закону распределения, следовательно:

$$f_i(t) = \frac{1}{\sigma_i\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(t-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}};$$

$$f_{i1}(t) = \frac{1}{\sigma_{i1}\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(t-\mu_{i1})^2}{2\sigma_{i1}^2}};$$

$$f_1(t) = \frac{1}{\sigma_1\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(t-\mu_1)^2}{2\sigma_1^2}},$$

где μ_i – математическое ожидание времени пребывания в состоянии i;

σ_i – среднее квадратическое отклонение времени пребывания в состоянии i;

μ_{i1} – математическое ожидание времени перехода из состояния i в 1;

σ_{i1} – среднее квадратическое отклонение времени перехода из состояния i в 1;

μ_1 – математическое ожидание времени пребывания в состоянии 1;

σ_1 – среднее квадратическое отклонение времени пребывания в состоянии 1.

Интегрирование экспоненты в степени, представляющей собой сложную функцию, проводилось численно – с разложением подынтегральной функции в ряд Маклорена. К полученной функции времени применена аппроксимация Паде, заменившая степенной ряд на рациональную функцию в виде отношения двух полиномов [12].

Так время нахождения в работоспособном состоянии и время восстановления можно представить в виде:

$$t_1 = \frac{a_0 + a_1 t + a_2 t^2}{1 + b_1 t + b_2 t^2} = \frac{18\mu_1 e^{\frac{-\mu_1^2}{2\sigma_1^2}} t^2}{36\mu_1\sigma_1^2 + (4\mu_1\sigma_1^2 - 3\mu_1^2 + 3\sigma_1^2)t^2 - 12\mu_1\sigma_1^2 t};$$

$$t_в = \frac{a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3}{1 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3} = \frac{4\mu_{i1} t^3 \mu_1 e^{\frac{-\mu_{i1}^2}{2\sigma_{i1}^2} - \frac{\mu_1^2}{2\sigma_1^2}}}{12\sigma_{i1}^2\sigma_1^2 - 9\sigma_{i1}^2\sigma_1^2 t}.$$

Коэффициент готовности (1) можно записать следующим образом:

$$K_г(t) = \frac{A}{A + B + C},$$

где A – коэффициент, характеризующий нахождение системы в работоспособном состоянии,

$$A = \frac{18\mu_1 e^{\frac{-\mu_1^2}{2\sigma_1^2}} t^2}{36\mu_1\sigma_1^2 + (4\mu_1\sigma_1^2 - 3\mu_1^2 + 3\sigma_1^2)t^2 - 12\mu_1\sigma_1^2 t};$$

B – коэффициент, характеризующий переход системы из 3-го в 1-е состояние,

$$B = \frac{4\mu_{31} t^3 \mu_1 e^{\frac{-\mu_{31}^2}{2\sigma_{31}^2} - \frac{\mu_1^2}{2\sigma_1^2}}}{12\sigma_{31}^2\sigma_1^2 - 9\sigma_{31}^2\sigma_1^2 t};$$

C – коэффициент, характеризующий переход системы из 4-го в 1-е состояние,

$$C = \frac{4\mu_{41} t^3 \mu_1 e^{\frac{-\mu_{41}^2}{2\sigma_{41}^2} - \frac{\mu_1^2}{2\sigma_1^2}}}{12\sigma_{41}^2\sigma_1^2 - 9\sigma_{41}^2\sigma_1^2 t}.$$

3. Вычисление прибыли изготовителя

Достижение указанного в контракте значения коэффициента готовности должно сопровождаться соответствующими надбавками к получаемой прибыли либо штрафами в противном случае, вследствие этого необходимо ввести параметры, характеризующие планируемое и фактическое значения коэффициента готовности в определенный момент времени, величину планируемой прибыли, средние затраты на поддержание работоспособного состояния. Так как рассчитывается прибыль изготовителя, в выражении должен присутствовать множитель, определяющий степень его ответственности.

Тогда конечная величина прибыли в зависимости от достижения, заданного в определенный момент времени, значения коэффициента готовности:

$$П_к = П_{пл} + C_{ср} \cdot \left(К_{г_ф}(t_{оп}) - К_{г_{пл}}(t_{оп})\right) \cdot Изг,$$

где $П_к$ – конечная прибыль;

$П_{пл}$ – планируемая прибыль, причем $П_{min} \le П_{пл} < П_{max}$;

$C_{ср}$ – средние затраты на эксплуатацию;

$К_{г_ф}(t_{оп})$ – стоимость достижения фактического значения коэффициента готовности в определенный момент времени $t_{оп}$;

$К_{г_{пл}}(t_{оп})$ – стоимость достижения планируемого значения коэффициента готовности в определенный момент времени $t_{оп}$;

Изг – доля ответственности изготовителя, %.

4. Пример реализации

Чтобы проиллюстрировать поведение коэффициента готовности, зададим следующие значения наработки, математического ожидания и среднего квадратического отклонения: $t = 0 \ldots 1000$ ч, $\mu_1 = 180$ ч, $\mu_{31} = 20$ ч, $\mu_{41} = 10$ ч, $\sigma_1 = 8$ ч, $\sigma_{31} = 4$ ч, $\sigma_{41} = 1$ ч.

При подстановке указанных параметров распределения получаем следующий график зависимости коэффициента готовности от времени (рис. 3):

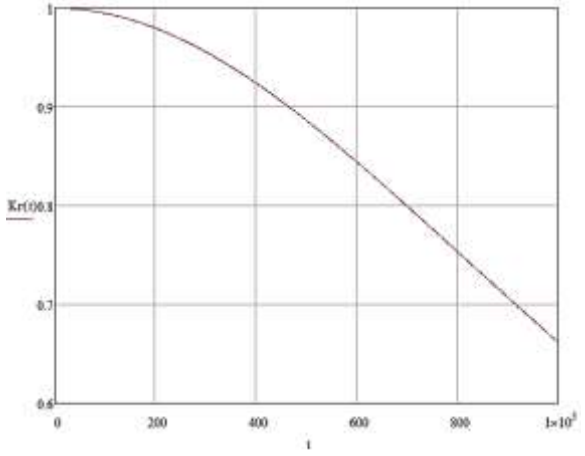

Рисунок 3 – **График зависимости коэффициента готовности от времени**

Допустим, что указанное в контракте значение коэффициента готовности при наработке 100 ч: $К_{г_{пл}}(100) = 0{,}990$, рассчитанное значение составило $К_{г_{ф}}(100) = 0{,}995$, планируемое значение прибыли $П_{пл} = 60000$, тогда конечная прибыль изготовителя при доле ответственности 60% и средних затратах на эксплуатацию 100.000:

$$П_к = 60000 + 100000 \cdot (0{,}995 - 0{,}990) \cdot 0{,}6 = 60300 \text{ (усл. денежн. ед.)}$$

Заключение

Предложенная в статье математическая модель определения коэффициента готовности в отличие от множества имеющихся не использует экспоненциального закона распределения времени наработки до отказа и восстановления и соответствующие ему стационарные значения потоков отказов и восстановлений, что предоставляет возможность более точной оценки показателей готовности и надежности.

Выведенная формула конечной прибыли изготовителя учитывает отклонение фактического значения коэффициента готовности от планируемого, установленного в контракте. Такая зависимость позволяет регулировать величину прибыли, дополнительно вводя поощрения и штрафы, стимулировать изготовителя на достижение высоких показателей готовности и надежности.

Литература

1. Обеспечение контракта жизненного цикла изделий военного назначения [Текст]: учебник / А. С. Афанасьев [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2021. – 368 с.
2. Афанасьев, А. С. Контрактация жизненного цикла как инструмент повышения проектного управления изделия ответственного назначения / А. С. Афанасьев, Ю. Л. Вященко, А. А. Мелехин // Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 17 апреля 2024 года. – Москва: ООО "Первое экономическое издательство", 2024. – С. 14-18.
3. ГОСТ Р 27.102-2021 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения.
4. Афанасьев, А. С. Информационно-системная методология управления рисками при обеспечении контракта жизненного цикла изделий военного назначения / А. С. Афанасьев, Ю. Л. Вященко, К. М. Иванов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2020. – № 3(113). – С. 32-38.
5. ГОСТ Р 53393-2017. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения.
6. Труханов В. М., Тарнаев А. Г., Кухтик М. П. / Надежность артиллерийских систем / под ред. В. М. Труханова. М.: Издательский дом «Спектр», 2020. 309 с.
7. Половко А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
8. Литвиненко, Р. С. Анализ использования показательного распределения в теории надежности технических систем / Р. С. Литвиненко, Р. Г. Идиятуллин, А. Э. Аухадеев // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2016. – Т. 1. – С. 128-129.
9. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 5-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2010. – 478 с.
10. Лесных, Г. И. О распределении случайных ошибок измерений по закону Коши / Г. И. Лесных, В. Е. Мизин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2016. – Т. 3, № 3. – С. 189-194.
11. Салугин, А. Н. Стохастическое моделирование влияния защитных лесных насаждений. Распределение Коши / А. Н. Салугин, А. В. Кулик, А. И. Узолин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 3. – С. 7-10.
12. Бейкер, Дж. Аппроксимации Паде: пер. с англ. / Дж. Бейкер, П. Грейвс-Моррис. – М.: Мир, 1986. – 502 с.

УДК 65.01

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ

Е.Г. Калязина[1]

Санкт-Петербургский государственный экономический университет
Россия, 191023, *Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д.* 30-32, *литер А.*

В рамках существующей концепции определения системы управления с применением методов системного анализа автор предлагает учитывать цифровую составляющую внутренней и внешней среды компании. Цифровые данные являются обязательным элементом системы управления и источником управленческих знаний и решений. Автор определяет состав современной системы управления в виде четырех подмножеств: стратегии, функции, методы, данные. Для описания взаимодействий подмножеств систем управления использованы элементы теории множеств. Практический пример апробации данной концепции определения системы управления представлен на основе проектной организации ООО «СтройПроект». Отношения между всеми доступными видами цифровых данных и элементами стабильных подмножеств системы управления рассматриваемой организации приведены в виде матрицы бинарных отношений.

Ключевые слова: система управления, цифровые данные, проектная организация, проектный менеджмент, цифровая трансформация, системный анализ, теория множеств.

BUILDING A MANAGEMENT SYSTEM FOR A PROJECT ORGANIZATION USING THE METHOD OF SYSTEM ANALYSIS AND ELEMENTS OF SET THEORY

E.G. Kalyazina

St. Petersburg State University of Economics
Russia, 191023, *St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal,* 30-32, *letter A.*

Within the framework of the existing concept of defining a management system using system analysis methods, the author suggests taking into account the digital component of the internal and external environment of the company. Digital data is an essential element of the management system and a source of managerial knowledge and solutions. The author defines the composition of the modern management system in the form of four subsets: strategies, functions, methods, and data. Elements of set theory are used to describe the interactions of subsets of control systems. A practical example of the approbation of this concept of defining a management system is presented on the basis of the project organization StroyProekt LLC. The relationships between all available types of digital data and elements of stable subsets of the management system of the organization in question are presented in the form of a matrix of binary relationships.

Keywords: management system, digital data, project organization, project management, digital transformation, system analysis, set theory.

Введение

На сегодняшний день исследования о влиянии цифровых технологий на функционирование современных организаций и конечный продукт их деятельности вносят значительный вклад в популяризацию процесса цифровой трансформации. Методы оценки эффективности использования больших данных в производственных бизнес-процессах описаны отечественными и зарубежными авторами, применение цифровых продуктов позитивно интерпретируют и практики менеджмента. Однако управленческий аспект процесса цифровой трансформации, механизмы поддержки внедрения новых технологий со стороны системы управления пока только формируются. В российском научном сообществе устоялся новый термин «цифровой менеджмент», фокус внимания которого направлен именно на развитие новых методов и инструментария в управленческой науке. Цифровые данные выступают обязательной составляющей методологии цифрового менеджмента, которая требует изменений в общепринятых концепциях и подходах.

Цель данной работы состоит в определении элементов новых систем управления, изучении отношений, в которые они вступают, и сте-

EDN **JNGBKI**

[1]*Калязина Елена Геннадьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры проектного менеджмента и управления качеством, тел.:* +7(911) 819-23-19, *e-mail: kalyazina.elena@gmail.com.*

пень эффективности результатов данных отношений на основе системного анализа и элементов теории множеств.

Гипотеза исследования: в системе управления современной организации, в том числе проектной, цифровые данные различной природы являются самостоятельным элементом системы, взаимодействующим с другими элементами данной системы и оказывающим влияние на ее состояния.

Определение системы управления с позиции системного анализа

В настоящее время для построения систем управления используются общеизвестные методы: метод структуризации целей (создание системы организационных целей), экспертно-аналитический метод (привлечение квалифицированных специалистов), метод департаментализации (формирование структурных единиц на основе перечня функций, задач и расчета затрачиваемых человеко-часов), метод аналогий или изоморфизма (система управления строится на примере опыта подобных компаний), организационное моделирование. Широкое распространение получил метод системного анализа при определении системы управления.

Применение методов системного анализа для определения системы управления детально изложено в публикациях представителей научно-педагогической школы «Системный анализ в проектировании и управлении» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета Петра Великого. Авторы определяют систему управления как множество, состоящее из подмножеств целей, структур, технологий и условий существования системы.

Автор исследования разделяет вышеуказанный подход к интерпретации системы управления ввиду возможности выделения подмножеств как совокупности компонентов множества, чем представляется система управления. В развитие данной концепции автор предлагает учитывать цифровую составляющую внутренней и внешней среды рассматриваемой компании (вновь создающейся или уже функционирующей на рынке). Цифровые данные являются обязательным элементом управления и источником управленческих знаний и решений.

Понятие системы управления автор предлагает рассматривать с точки зрения системного анализа, а также с применением элементов теории множеств для описания взаимодействия подмножеств. Согласно диаграмме Венна (рис.1) система управления (SYS_{man}) состоит из четырех подмножеств: St (стратегии), Fnc (функции), Mth (методы), Dt (цифровые данные). Обозначенные подмножества не равны и не равномощны.

$$SYS_{man} = \{\mathrm{St}, \mathrm{Fnc}, \mathrm{Mth}, \mathrm{Dt}\}, \quad (1)$$

где St, Fnc, Mth – четкие конечные подмножества с конечным числом элементов в соответствии с контекстом рассматриваемой организации;

Примеры состава подмножеств:

$$\mathrm{St} = \{St_{corp}, St_m, St_{div}, St_{pj}\}, \quad (2)$$

где St_{corp} – корпоративная стратегия;

St_m – рыночная стратегия;

St_{div} – стратегия подразделения (департамент, отдел, филиал, представительство, дивизион или др. обособленный субъект управления);

St_{pj} – стратегия проектного офиса (портфеля проектов).

$$\mathrm{Fnc} = \{\mathrm{Pl}, \mathrm{Org}, \mathrm{Mov}, \mathrm{Cont}\}, \quad (3)$$

где Pl – функция планирования;

Org – функция организовывания;

Mov – функция мотивации;

Cont – функция контроля.

$$\mathrm{Mth} = \{\mathrm{Tech}, \mathrm{Str}, \mathrm{Mod}\}, \quad (4)$$

где Tech – технологии менеджмента;

Str – структуры менеджмента (организационная, производственная);

Mod – бизнес-модель компании.

Dt = $\{dt_1, dt_2, dt_3, dt_4, \ldots dt_n\}$ – нечеткое (размытое по А.А. Заде) подмножество, количество элементов неопределенно. Сущностные характеристики данных и области их применения различны.

Представляется возможным также выделить дополнение к множеству SYS_{man} – Z:

Z ∈ SYS_{man}, Z ∉ St, Z ∉ Fnc, Z ∉ Mth, Z ∉ Dt:

$$\mathrm{Z} = \{\overline{St}, \overline{Fnc}, \overline{Mth}, \overline{Dt}\} \quad (5)$$

Дополнение Z обозначим как целевую направленность системы управления – ее миссию, видение, цели.

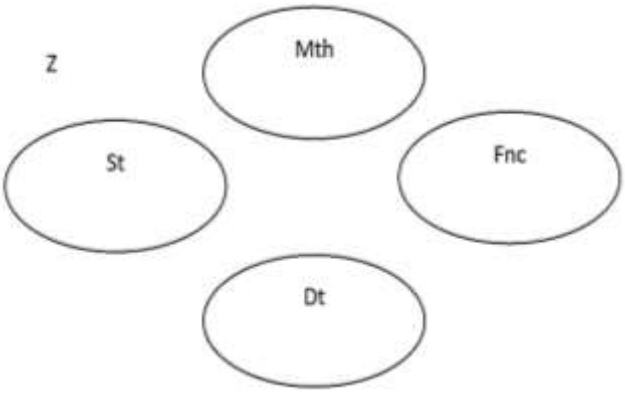

Рисунок 1 – **Диаграмма Венна для интерпретации системы управления** (множество SYSman)

Источник: составлено автором

Описание отношений подмножеств множества системы управления

Подмножество цифровых данных Dt является новым для интерпретации процесса построения систем управления, но необходимым в новых условиях функционирования современных предприятий.

Для описания взаимодействия данного подмножества с другими, более стабильными, подмножествами можно предположить два варианта состояний:

1. В условиях процесса цифровой трансформации и переходе к цифровому предприятию.

2. В условиях цифровизации или внедрения отдельных цифровых решений в управленческие процессы, что будет частично затрагивать другие элементы системы управления;

Вариант интерпретации 1.

На диаграмме Венна (рис.1) подмножество данных Dt не пересекается ни с одним подмножеством, данная позиция обусловлена следующей точкой зрения: определение площади пересечения подмножеств St, Fnc, Mth с Dt означало бы применение данных (или цифровизацию) только части подмножества. То есть отображение не равно пересечению. В рассматриваемом варианте функцией отображения подмножества данных будет выступать цифровая трансформация, которая затрагивает всю организацию и совокупность элементов системы управления в полном объеме, во избежание частичной цифровизации. Согласованность цифровых решений создает единую цифровую среду, где данные используются при принятии управленческих решений на всех уровнях менеджмента. Таким образом, функция цифровой трансформации есть отображение подмножества данных в другие подмножества: f:Dt → St, f:Dt → Fnc, f:Dt → Mth. Отображение является сюръективным: для преобразования всех элементов подмножеств St, Fnc, Mth используются один или более элементов подмножества данных. На рисунке 2 изображен пример сюръекции для подмножества стратегий: некоторые виды данных используются для преобразования всех видов имеющихся стратегий в рассматриваемой организации, так цифровая трансформация полностью «перекрывает» подмножество стратегий. При их формулировании руководитель учитывает те или иные цифровые ресурсы: например, данные рынка и конкурентной позиции для формирования рыночной стратегии St_m; данные об использовании программного обеспечения для формирования St_{div} и т.д.

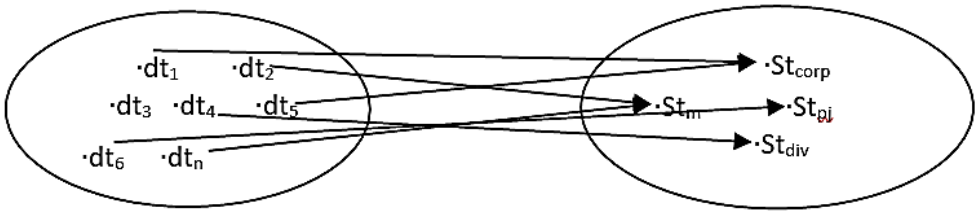

Рисунок – 2 – **Пример сюръекции подмножеств Dt и St.** *Источник: составлено автором*

Таким образом, сюръективные отображения подмножеств через подмножество данных и функцию цифровой трансформации показывают полное влияние «цифры» на элементы системы управления, что говорит о завершенном процессе цифровой трансформации в компании.

Вариант интерпретации 2.

На рис.3 изображена диаграмма Венна с пересекающимися подмножествами St ∩ Dt, Fnc ∩ Dt, Mth ∩ Dt, что визуализирует применение данных в стабильных подмножествах системы управления. Так как пересечение не равно объединению, можно утверждать не о завершенном процессе цифровой трансформации рассматриваемой организации, а о частичном внедрении цифровых технологий в управленческие бизнес-процессы. Функцией в данном случае будет выступать процесс цифровизации.

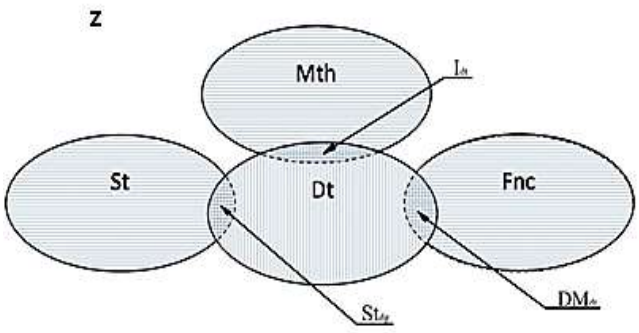

Рисунок 3 – **Диаграмма Венна для интерпретации системы управления (множество SYSman) в условиях процесса цифровизации**. *Источник: составлено автором*

Рассмотрим интерпретацию пересечения каждого из подмножеств с подмножеством данных:

St ∩ Dt : на пересечении данных подмножеств происходит объединение стратегий и данных. В целях эффективного использования цифровых ресурсов ЛПР необходимо сформировать стратегию цифровой трансформации в отношении всей организации, а также цифровые стратегии подразделений (департамент, дивизион, филиал, проектный офис и т.д.) или бизнес-процессов.

Fnc ∩ Dt : на пересечении данных подмножеств происходит пересечение функций системы управления и данных. Функции системы можно интерпретировать в зависимости от операционной деятельности предприятия. В общем понимании, ориентируясь на административную школу менеджмента и процессный подход к менеджменту, представляем функции как планирование, организацию, мотивацию и контроль. В условиях экономики данных на каждую функцию имеют влияние те или иные виды данных, полученные из разных источников (с помощью программного обеспечения, отраслевого и портфельного анализа и т.д.). Цифровые ресурсы организации делают реализацию функций более эффективной как в отношении затрачиваемых ресурсов, так и во временном континууме.

Строго говоря, в области пересечения подмножеств влияние данных на функции системы управления сопровождается обязательным использованием цифровых решений при их выполнении. В обобщенном виде речь идет о СППР и ИСППР (системы поддержки принятия решений, интеллектуальные системы поддержки принятия решений соответственно). Управленческие решения принимаются при реализации любой из функций, являясь фоновой (связующей) функцией менеджмента. На основе данных моделируются сценарии возможных событий, учитываются риски, рассчитываются необходимые ресурсы и реакция рынка.

Mth ∩ Dt : пересечение подмножества методов системы управления и подмножества данных предполагает трансформацию составляющих подмножества методов – технологий, структур, моделей – в инструментарий на основе данных. Инструментами могут выступать фреймворки, программные продукты, алгоритмы и новые технологии для реализации бизнес-процессов.

Таким образом, обозначая функцию процессом цифровизации можно предполагать о трансформации стабильных подмножеств в области пересечения с подмножеством данных:

$$f\ (St) = St_{\mathrm{dg}}, \qquad (6)$$

где St_{dg} – цифровые стратегии организации;

$$f\ (Fnc) = DM_{\mathrm{dt}}, \qquad (7)$$

где DM_{dt} – принятие решений на основе данных;

$$f\ (Mth) = I_{\mathrm{dt}}, \qquad (8)$$

где I_{dt} – инструментарий на основе данных.

Такой вариант использования данных в организации также уместен и распространен. Подмножество методов может включать в себя и классические инструменты и модели, не требующие применения цифровых ресурсов, аналогично и с другими подмножествами.

Практическое применение метода построения системы управления на основе элементов теории множеств

Обоснование введения подмножества цифровых данных Dt в систему управления как обязательного элемента представлено на примере ООО «СтройПроект». Компания выполняет полный комплекс проектно-изыскательских работ на объектах от разработки декларации о намерениях до ввода в эксплуатацию построенных объектов с 2021 года.

Проектные офисы расположены в Иркутске, Санкт-Петербурге, Владивостоке. Общая штатная численность - 50 человек. Управленческий состав насчитывает 7 человек в трех проектных офисах.

Отличительной особенностью ООО «СтройПроект» является полная клиентоориентированность и одновременная работа не более чем на двух-трёх проектах, что позволяет добиваться высокого качества работы и оперативно решать задачи проекта, сокращая нормативные сроки работы.

Описание стабильных подмножеств на примере ООО «СтройПроект»:

1. *Подмножество стратегий St:*

Генеральная цель компании сформулирована следующим образом: стать полноценным участником российского рынка проектных и изыскательских услуг в области строительства объектов портовой инфраструктуры и промышленного назначения, благодаря высокому качеству проектных решений и клиентоориентированному подходу.

Корпоративная стратегия заключается в достижении устойчивого конкурентного преимущества путем реализации успешных проектов, эффективного управления ресурсами и совершенствования процессов проектирования, повышения кадрового потенциала сотрудников.

Ключевые направления реализации стратегии: повышение качества проектных решений (в показателях положительных заключений государственных экспертиз, оптимизации

процесса строительства, скорость разработки качественной проектной и рабочей документации); расширение базы заказчиков (в показателях прироста числа новых клиентов-девелоперов, работа с постоянными заказчиками); формирование корпоративной системы управления проектами (КСУП) – внедрение современных программных продуктов для эффективного управления проектами (ИСУП), развитие собственной методологии на основе архива завершенных проектов, совершенствование системы мотивации и уровня компетентности сотрудников.

Руководство выделяет рыночную стратегию организации с направлениями роста: дифференциация предложения (внедрение дополнительных комплексов услуг – получение разрешительной документации для строительно-монтажных работ, авторский надзор, технический надзор, сдача этапов реализации объектов в эксплуатацию); персонализированная работа с заказчиком (выделение сотрудников, задействованных в работе только с одним заказчиком, территориальная привязка проектного офиса в зависимости от географического расположения объекта); экспансия (выход на региональные рынки и международные проекты); партнёрство и кооперация (заключение соглашений с крупными строительными компаниями, девелоперами, государственными структурами и профильными институтами для совместного участия в крупных проектах).

Таким образом, компания стремится стать надежным партнером для застройщиков и инвесторов, способствуя успешному развитию строительного сектора экономики.

2. *Подмножество функций Fnc:*

В проектной организации реализация управленческих функций происходит с учетом специфики выполняемых задач. В ООО «СтройПроект» управленческая деятельность соответствует интегрированным практикам национального стандарта ГОСТ Р ИСО 21502-2024. Экспертным путем выделены следующие функции менеджмента:

1. Предпроектная деятельность: участие в тендерах, переговоры с потенциальным заказчиком, поиск информации о потенциальном проекте

2. Планирование проектной деятельности: распределение работ по проектным офисам, создание проектной команды, привлечение необходимых подрядчиков и специалистов. Распределение ресурсов, согласование сроков и бюджета

3. Исполнение и контроль каждой стадии разработки проекта с помощью специализированных программных продуктов.

4. Прохождение необходимых экспертиз и согласование с госорганами на всех стадиях реализации проекта

5. Завершение проекта и постпроектная деятельность: подписание актов у заказчика; осуществление авторского надзора при строительстве объекта; внесение корректировок в проектную и рабочую документацию; оптимизация проектных решений при необходимости с повторным прохождением государственных экспертиз.

3. *Подмножество методов Mth:*

ООО «СтройПроект», являясь проектной организацией, использует в своей деятельности методологии проектного менеджмента. Большинство проектов относится к отрасли строительства инфраструктурных стратегических объектов, поэтому предиктивная модель организации проектной деятельности выступает превалирующей. В некоторых случаях проектной командой используется гибридная модель: некоторые части реализации проекта объединяются и выполняются в единых итерациях (например, разработка рабочей документации на стадии завершения согласований проектной документации с госорганами). Методы организации проектной деятельности являются центральными в подмножестве методов управления.

Также топ-менеджментом выделены следующие методы менеджмента:

- экономические: оптимизация затрат, повышение эффективности деятельности, премирование проектных команд согласно принятой корпоративной системы мотивации;

- социальные: предупреждение и разрешение конфликтных ситуаций, развитие корпоративной культуры, командного духа с применением технологий тимбилдинга;

- технологические: в компании используется узкоспециализированное программное обеспечение для решения профильных задач и расчетов в рамках требования законодательства, для рассматриваемой организации это СП 58.13330.20219, СП 23.13330.2018, СП 38.13330.2018;

- лидерство: в компании превалирует мягкое лидерство, которое характеризуется высокой степенью поддержки, поощрения, широким делегированием полномочий, короткой дистанцией между руководством и исполнителями, участием участников проектной команды в принятии решений. Такой стиль лидерство обуслав-

ливается спецификой отрасли и ценностью высокопрофессиональных специалистов в данной сфере.

- информационные: в компании используются информационные платформы для организации совместной работы и коммуникации, а также в целях сбора и обработки информации, анализа показателей, подготовки отчетов: система КОДЕКС Техэксперт (нормативно-правовая база, специализированная литература) и экосистема Битрикс.

С 2024 года ООО «СтройПроект» активно внедряет в свою операционную деятельность цифровые решения, включая новые отечественные программные продукты. На основании проведенного анализа данные были систематизированы и объединены в категории (табл. 1).

Для визуализации системы управления с позиции теории множеств автором предложены обозначения элементов подмножеств (табл. 2).

Таблица 1 – **Типы цифровых данных ООО «СтройПроект»**

Внешние цифровые данные	**Внутренние цифровые данные**
Нормативно-правовые: изменения в законодательстве, лицензировании, обязательных процедурах (государственные экспертизы, комиссии) (1)	Данные от проектных офисов: финансовая отчетность, управленческая, операционная (1)
Рыночные: анализ потенциальных объектов, конкурентов, потребителей, поставщиков (2)	Данные о потенциальных проектах (2)
Тендерные: информация об открытых конкурсах (3)	Данные о текущих проектах (3)
Данные по проекту: массив от заказчика (4)	Данные о завершенных проектах (архив) (4)
Данные по проекту: массив от подрядчиков (5)	Результаты аудитов и экспертиз (5)
Данные по проекту: массив от партнеров (например, строительных организаций, девелоперов) (6)	Динамика показателей производительности человеческих и технических ресурсов (6)
Научно-техническое сопровождение разрабатываемой проектной документации (7)	

Таблица 2 – **Обозначения элементов подмножеств системы управления ООО «СтройПроект»**

Наименование подмножества	**Элементы подмножеств**
St - стратегии	St_{corp} – корпоративная стратегия; St_m – рыночная стратегия
Fnc - функции	Pre-P.A. – предпроектная деятельность Pl – планирование P.A. – исполнение и контроль Exp. – прохождение экспертиз Post-P.A. – завершение проекта и постпроектная деятельность
Mth - методы	PjM – проектные (методология waterfall + гибрид) Econ – экономические Soc – социальные Tech – технологические Ld – лидерство Inf – информационные
Dt - данные	Dt_{out} – внешние данные Dt_{in} – внутренние данные

На рисунке 4 изображено сюръективное отображение подмножества данных в подмножество стратегий f:Dt → St: для преобразования всех элементов подмножества St используются один или более элементов подмножества данных.

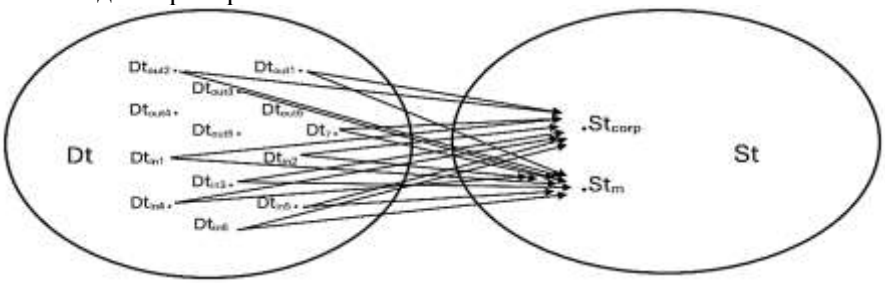

Рисунок 4 – **Сюръекция подмножеств Dt и St.** *Источник: составлено автором*

Рассматривая функцию цифровой трансформации для всех выделенных подмножеств системы управления ООО «СтройПроект», представляется возможным составить матрицу бинарных отношений между всеми доступными видами цифровых данных и элементами стабильных подмножеств (рис. 5). Матрица сформирована с привлечением представителей менеджмента организации, ключевых сотрудников и экспертов в данной отрасли. Матрица является эффективным инструментом не только визуализации общей картины цифровой трансформации, но и оценки степени применимости того или иного вида данных.

Таким образом, в соответствии с матрицей наиболее востребованными видами данных в практическом примере являются внутренние цифровые данные организации: данные от проектных офисов: финансовая отчетность, управленческая, операционная; данные о текущих проектах; динамика показателей производительности человеческих и технических ресурсов. А самыми «оцифрованными» областями управленческой деятельности стали процесс планирования (Pl) в подмножестве функций менеджмента (Fnc) и метод организации проектной деятельности PjM в подмножестве методов менеджмента (Mth).

На примере рассматриваемой проектной организации построение систем управления нового типа с обязательным элементом «цифровые данные» позволяет изучить его влияние на другие элементы системы и определить проблемные зоны текущего процесса цифровой трансформации

f(DTr) =

	St_{corp}	St_m	Pre-P.A	Pl	P.A.	Exp.	Post-P.A.	PjM	Econ	Soc	Tech	Ld	Inf
Dt_{out1}	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
Dt_{out2}	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dt_{out3}	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dt_{out4}	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Dt_{out5}	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Dt_{out6}	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Dt_{in1}	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Dt_{in2}	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
Dt_{in3}	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dt_{in4}	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Dt_{in5}	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Dt_{in6}	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Dt_7	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1

Рисунок 5 – **Матрица бинарных отношений элементов подмножеств системы управления ООО «СтройПроект».** *Источник: составлено автором*

Литература

1. Абрамов, В. И. Оценка готовности малых и средних предприятий к цифровой трансформации / В. И. Абрамов, А. В. Борзов, К. Ю. Семенков // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 1573-1596. – DOI 10.18334/vinec.12.3.115000.
2. Балашов, А. М. Вопросы внедрения цифровых технологий в общественно-экономическую жизнь и перехода к новому технологическому укладу / А. М. Балашов // Индустриальная экономика. – 2022. – Т. 8, № 3. – С. 740-744. – DOI 10.47576/2712-7559_2022_3_8_740.
3. Гудкова, Т. В. Цифровые технологии: актуальные проблемы внедрения и влияние на эффективность промышленного производства / Т. В. Гудкова, А. В. Заздравных, В. С. Логинова // Российский экономический журнал. – 2022. – № 3. – С. 84-99. – DOI 10.33983/0130-9757-2022-3-84-99.
4. Калязина, Е. Г. Методологические основы цифрового менеджмента / Е. Г. Калязина. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2024. – 114 с. – ISBN 978-5-7310-6356-2.
5. Нигай, Е. А. Процесс цифровизации бизнеса: от точечной оцифровки бизнес-процессов к цифровой трансформации / Е. А. Нигай // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2022. – № 2. – С. 134-145. – DOI 10.24412/2071-6435-2022-2-134-145.
6. Шацкий, А. А. Оценка роли внедрения цифровых технологий в российскую региональную экономику в современных условиях / А. А. Шацкий // E-Management. – 2023. – Т. 6, № 2. – С. 82-90. – DOI 10.26425/2658-3445-2023-6-2-82-90.
7. Индикаторы цифровой экономики: 2025: статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : ИСИЭЗ ВШЭ, 2025. – 296 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-7598-3029-0 (дата обращения 02.11.2025).
8. Официальный сайт ООО «СтройПроект». Электронный ресурс: https://sproekt.info/o-kompanii/ (дата обращения 20.01.2026).
9. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: учеб. пособие / под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – Эл. изд. – 1 файл pdf: 847 с. – М.: Финансы и статистика, 2021 (дата обращения 02.11.2025).

УДК 004.8:332.1

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ: ТРЕНДЫ, ЛИДЕРЫ И ТОЧКИ РОСТА В 2025 ГОДУ

Е.А. Боркова[1], М.А. Еловская[2], В.А. Плотников[3]

[1,3]*Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Россия,* 191023*, г. Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д.* 30-32;
[2]*Сибирский университет потребительской кооперации, Россия*, 630087*, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса,* 26.

В статье представлен анализ рейтинга цифровизации и внедрения искусственного интеллекта в 85 субъектах Российской Федерации по итогам января–апреля 2025 года. Предложена методика расчета интегрального индекса цифровой трансформации региона. Выявлены ключевые факторы, определяющие лидерство регионов (Москва, Белгородская область, Республика Татарстан), а также причины отставания аутсайдеров. Определены основные тренды цифровой трансформации: развитие платформы обратной связи, внедрение искусственного интеллекта в государственное управление и медицину, сокращение цифрового неравенства.

Ключевые слова: цифровая трансформация, искусственный интеллект, региональное развитие, рейтинг цифровизации, цифровое неравенство, умный город, электронные госуслуги.

DIGITAL TRANSFORMATION OF RUSSIAN REGIONS: TRENDS, LEADERS AND GROWTH POINTS IN 2025

E.A. Borkova, M.A. Yelovskaya, V.A. Plotnikov
St. Petersburg State University of Economics, Russia, 191023, *St. Petersburg, nab.* 30-32 *Griboyedov Canal; Siberian University of Consumer Cooperation,* 26 *Karl Marx Ave., Novosibirsk,* 630087, *Russia.*

The article presents an analysis of the digitalization and artificial intelligence implementation rating in 85 constituent entities of the Russian Federation based on the results of January–April 2025. The author's methodology for calculating the integral index of digital transformation of the region is proposed. The key factors determining the leadership of regions (Moscow, Belgorod region, Republic of Tatarstan) and the reasons for the lag of outsiders are identified. The main trends of digital transformation are identified: development of a feedback platform, implementation of artificial intelligence in public administration and medicine, reduction of digital inequality.

Keywords: digital transformation, artificial intelligence, regional development, digitalization rating, digital inequality, smart city, electronic public services.

Введение

Завершение национального проекта «Цифровая экономика» (2019–2024 гг.) и старт нового национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» ознаменовали переход от инфраструктурного этапа цифровизации к этапу качественного внедрения технологий искусственного интеллекта и платформенных решений в реальный сектор экономики и социальную сферу [4, 6, 11, 15]. Эти процессы требуют аналитического сопровождения.

В рамках его осуществления Ассоциация инновационных решений и искусственного интеллекта «Регионы XXI век» представила рейтинг цифровизации и внедрения ИИ в регионах России за январь–апрель 2025 года, охватывающий 85 субъектов Российской Федерации [2]. Рейтинг оценивает регионы по 9 ключевым направлениям: цифровая инфраструктура, цифровые госуслуги, умные города, цифровое здравоохранение, цифровое образование и кадры, проекты ИИ, открытые данные, цифровая экономика и инновации, а также публичная повестка и коммуникации.

EDN **TENZAJ**

[1] *Боркова Елена Аркадьевна – доктор экономических наук, доцент, доцент кафедры общей экономической теории и истории экономической мысли , тел.:* +7 (812) 345-67-89, *e-mail: e.borkova@mail.ru;*
[2]*Еловская Мария Александровна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры теоретической и прикладной экономики, тел.:* +7 913 483-42-68, *e-mail: Maria_bars@mail.ru;*
[3]*Плотников Владимир Александрович – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры общей экономической теории и истории экономической мысли, тел.:* +7 (812) 345-67-89, *e-mail: plotnikov_2000@mail.ru.*

Цель данной статьи – выявление основных трендов цифровой трансформации регионов России, анализ факторов успеха лидирующих субъектов, определение направлений развития для отстающих регионов, а также разработка интегрального индекса цифровой трансформации региона.

Методология исследования

Для количественной оценки уровня цифровой трансформации регионов предлагается интегральный индекс цифровой трансформации региона, рассчитываемый на основе 9 ключевых направлений рейтинга. Индекс представляет собой взвешенную сумму стандартизированных показателей по каждому направлению.

$$I_{\text{ЦТ}} = \sum_{i=1}^{9} w_i \cdot \frac{X_i}{X_i^{\max}} \qquad (1)$$

Где X_i – фактическое значение i-го показателя региона;

$X_i^{\max}$– максимальное значение i-го показателя по всем регионам (в данной совокупности Москва, как самый развитый в цифровом отношении регион, принимается за эталон);

w_i – весовой коэффициент i-го показателя, определяемый на основе экспертных оценок. На основе анализа структуры рейтинга и данных о вкладе различных направлений в экономическое развитие регионов весовые коэффициенты распределены следующим образом: цифровая инфраструктура — 0,10; госуслуги – 0,15; умный город – 0,10; здравоохранение – 0,10; образование – 0,10; проекты ИИ – 0,15; открытые данные – 0,05; экономика и инновации – 0,15; коммуникации – 0,10. Сумма весов равна 1,00.

Первое место в рейтинге с итоговым баллом 95 из 100 занимает Москва. Столица демонстрирует наивысшие показатели практически по всем направлениям: развитая инфраструктура, масштабные проекты в области искусственного интеллекта (система компьютерного зрения на улицах, городская платформа больших данных), высокий уровень развития цифровых госуслуг. Индекс «IQ городов» Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации также подтверждает лидерство Москвы как одного из самых «умных» городов не только России, но и мира.

Второе место занимает Белгородская область с результатом 94 балла. Регион выделяется успехами в сфере цифровых госуслуг и управления. По итогам 2024 года Белгородская область заняла первое место в официальном рейтинге цифровой трансформации регионов Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, набрав 56,53 из 60 возможных баллов и опередив более крупные субъекты федерации. Указанный регион одним из первых запустил услугу по выдаче электронного свидетельства о рождении, внедрил мобильное приложение «Госключ» для электронной подписи договоров.

Третье место в рейтинге у Республики Татарстан (92 балла). Данный субъект является давним цифровым флагманом с развитым ИТ-кластером в Казани. Республика запустила центр компетенций по искусственному интеллекту, где стартапы совместно с университетом создают решения для промышленности и аграрного сектора. Татарстан также вошел в число пилотных регионов для отработки технологий «доверенного ИИ» на региональных платформах.

В таблице 1 представлены интегральные индексы цифровой трансформации для десяти регионов-лидеров, рассчитанные по предложенной авторской методике.

В нижней части рейтинга находятся регионы с сохраняющимся цифровым разрывом. Последнее, 85-е место занимает Республика Тыва с результатом около 35 баллов. Сказались труднодоступность территорий, низкое интернет-покрытие и недостаток квалифицированных кадров. В число отстающих также вошли Тамбовская, Тверская, Курганская области и Ненецкий автономный округ, набравшие менее 40 баллов.

Таблица 1 – **Интегральный индекс цифровой трансформации регионов-лидеров**

Место	Регион	Итоговый балл рейтинга	$I_{\text{ЦТ}}$	Отклонение от Москвы, %
1	Москва	95,0	0,982	0,0
2	Белгородская область	94,0	0,965	-1,7
3	Республика Татарстан	92,0	0,947	-3,6
4	Ямало-Ненецкий АО	90,0	0,921	-6,2
5	Ханты-Мансийский АО — Югра	89,0	0,909	-7,4
6	Челябинская область	88,0	0,896	-8,8
7	Свердловская область	87,0	0,884	-10,0
8	Санкт-Петербург	86,0	0,879	-10,5
9	Московская область	85,0	0,865	-11,9
10	Новосибирская область	84,0	0,852	-13,2

Источник: рассчитано М.А. Еловской.

Общие проблемы аутсайдеров – слабая материальная база для внедрение и активного использования информационных технологий (нехватка центров обработки данных, специального оборудования), утечка кадров (молодые ИТ-специалисты уезжают в столичные центры) и низкая вовлеченность населения в сферу цифровой грамотности [14]. Как отмечают Е.А. Боркова и В.А. Плотников, дифференциация регионов по уровню цифрового развития усиливает пространственную поляризацию и требует выработки специальных механизмов выравнивания [3]. В Республике Ингушетия и Республике Тыва менее 60% жителей имеют учетные записи на портале «Госуслуги», тогда как в ведущих регионах указанный показатель превышает 80%.

В таблице 2 представлены интегральные индексы цифровой трансформации для десяти регионов-аутсайдеров.

Многие регионы из середины списка показали рекордное улучшение позиций. Камчатский край поднялся на 31 позицию по сравнению с прошлым рейтингом, Смоленская область – на 28, Кабардино-Балкарская Республика – на 22, Ярославская область – на 21, Архангельская область – на 18. Указанные субъекты ранее были в числе отстающих, но смогли сократить отставание от лидеров рейтинга.

Таблица 2 — **Интегральный индекс цифровой трансформации регионов-аутсайдеров**

Место	Регион	Итоговый балл рейтинга	$I_{ЦТ}$	Отставание от Москвы, раз
76	Алтайский край	40,0	0,387	2,5
77	Республика Алтай	39,0	0,376	2,6
78	Псковская область	39,0	0,374	2,6
79	Еврейская автономная область	38,0	0,365	2,7
80	Чукотский автономный округ	38,0	0,361	2,7
81	Ненецкий автономный округ	37,0	0,352	2,8
82	Курганская область	37,0	0,349	2,8
83	Тверская область	36,0	0,341	2,9
84	Тамбовская область	36,0	0,338	2,9
85	Республика Тыва	35,0	0,324	3,0

Источник: рассчитано М.А. Еловской.

Причины успеха различны. Смоленская область за 2024 год подключила к интернету сотни сельских объектов и запустила приложение для обратной связи «Мой Смоленск». Кабардино-Балкарская Республика открыла ИТ-парк в Нальчике, внедрила электронные сервисы в многофункциональных центрах предоставления государственных и муниципальных услуг. Ярославская область создала региональное министерство цифрового развития и запустила проект «Умный регион». Указанные примеры подтверждают, что правильные управленческие решения способны в короткий срок дать импульбс региону в цифровом развитии.

Результаты и обсуждение

Для оценки экономической эффективности цифровой трансформации регионов предлагается коэффициент цифровой отдачи ($К_{ЦО}$), рассчитываемый как отношение прироста валового регионального продукта к приросту интегрального индекса цифровой трансформации:

$$К_{ЦО} = \frac{\Delta ВРП/ВРП}{\Delta\, I_{ЦТ}}, \qquad (2)$$

где ΔВРП – прирост валового регионального продукта за период;

ВРП – базовое значение валового регионального продукта;

$\Delta\, I_{ЦТ}$ – прирост интегрального индекса цифровой трансформации.

Согласно расчетам, на основе данных по 85 субъектам Российской Федерации, среднее значение коэффициента цифровой отдачи для регионов-лидеров составляет 0,38, для регионов-середняков – 0,24, для регионов-аутсайдеров – 0,11. Полученные данные свидетельствуют о том, что цифровая трансформация приносит наибольший экономический эффект в регионах, достигших определенного порога цифровой зрелости.

Анализ представленых данных позволил выделить ключевые тренды цифровой трансформации регионов.

Тренд 1. Рост внимания к искусственному интеллекту. 2025 год объявлен «годом ИИ в регионах»: федеральные гранты стимулируют внедрение решений на основе искусственного интеллекта в государственном управлении, здравоохранении, агропромышленном комплексе. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации выбрало Республику Татарстан, Новосибирскую и Сахалинскую области пилотными регионами для отработки технологий «доверенного ИИ» на региональных платформах. Планируется внедрить голосовых помощников

для многофункциональных центров и технологии компьютерного зрения для мониторинга дорожной инфраструктуры.

Тренд 2. Развитие цифрового здравоохранения. Московская область стала лидером по дистанционным консультациям. Только за январь–март 2025 года врачи Подмосковья провели 190 тысяч телемедицинских приемов. Сахалинская область внедряет телемедицину для отдаленных поселков, где фельдшеры консультируются с врачами в Южно-Сахалинске по видеосвязи. Республика Башкортостан запустила проект по использованию искусственного интеллекта в лучевой диагностике — нейросеть помогает расшифровывать результаты компьютерной и магнитно-резонансной томографии.

Тренд 3. Развитие механизмов цифровой обратной связи с населением. Одним из значимых направлений региональной цифровой трансформации выступает внедрение платформ для взаимодействия граждан с органами власти. По итогам 2024 года наиболее высокие результаты по использованию платформы обратной связи продемонстрировали Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, Калужская область, Оренбургская и Ростовская области. Указанные субъекты обеспечили широкий охват населения онлайн-инструментами подачи обращений, участия в опросах и публичных обсуждениях. Санкт-Петербург также вошел в число лидеров, где портал «Наш Санкт-Петербург» аккумулирует жалобы и предложения горожан, обеспечивая их дальнейшую обработку в системе городского управления. Формирование устойчивых каналов обратной связи способствует повышению прозрачности управленческих решений и росту доверия населения к цифровым сервисам.

Тренд 4. Развитие технологий «умного города» и интеллектуальных транспортных систем. В сфере городского хозяйства и транспортной инфраструктуры наиболее заметные результаты демонстрируют Москва, Тюмень и Южно-Сахалинск. Согласно индексу «IQ городов», рассчитываемому Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, указанные города занимают лидирующие позиции по уровню внедрения цифровых решений в управление городской средой. Южно-Сахалинск реализовал проект по цифровизации жилищно-коммунального хозяйства, в рамках которого жители получили возможность через мобильное приложение контролировать потребление коммунальных ресурсов и отслеживать объемы предоставляемых услуг. Внедрение данной системы позволило сократить потери энергоресурсов на 15%. Пермский край выступил пилотным регионом по внедрению интеллектуальной системы управления дорожным движением. Проект «Умный перекресток» в городе Пермь использует алгоритмы искусственного интеллекта для анализа интенсивности транспортных и пешеходных потоков с последующей адаптацией режимов работы светофорных объектов. Указанное решение направлено на снижение заторовых ситуаций и повышение пропускной способности улично-дорожной сети.

Тренд 5. Преодоление цифрового неравенства и повышение качества доступа. Реализация национальных проектов в сфере цифровой экономики привела к заметному сокращению разрыва между регионами-лидерами и отстающими субъектами по базовым показателям доступности цифровых сервисов. Если в 2022–2023 годах в ряде регионов отсутствовало устойчивое покрытие сетями LTE, а электронные очереди в многофункциональных центрах имели ограниченное распространение, то к началу 2025 года указанные сервисы стали доступны практически повсеместно.

По оценкам Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, следующим этапом является повышение качественных характеристик доступа. Приоритетной задачей выступает увеличение скорости передачи данных в сельской местности с 10 до 100 Мбит/с, что создаст необходимую инфраструктурную основу для полноценного внедрения телемедицинских услуг и дистанционных образовательных технологий в удаленных населенных пунктах. Решение указанной задачи требует как федеральной поддержки, так и активного участия региональных властей в развитии местных телекоммуникационных сетей, в то же время, для этого требуется адекватнгое ресурсное обеспечение.

Согласно данным Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» [9], объем валовых внутренних затрат на развитие цифровой экономики в 2024 году достиг 6,7 трлн руб. — прирост на 22% в текущих ценах по сравнению с 2023 годом, что в 1,4 раза выше темпа роста валового внутреннего продукта (+16,1%). По предварительной оценке, в 2025 году вложения могли составить 7,1 трлн руб. (+6,5% к 2024 году). За период 2019–2024 годов расходы на цифровую экономику в России выросли в 1,7 раза [12].

Доля сектора информационно-коммуникационных технологий в валовом внутреннем продукте страны последовательно растет: в 2023

году указанная доля достигла 3,5% (+0,4 процентных пункта к 2022 году). Валовая добавленная стоимость информационно-коммуникационных технологий выросла по сравнению с 2022 годом на 11,3% в постоянных ценах. Наиболее высокую динамику обеспечило производство продукции и услуг в сфере информационно-коммуникационных технологий (+37,6%) и отрасль информационных технологий (+10,9%).

Бюджет национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» на период 2025–2030 годов составит 1 трлн руб. (по базовому сценарию – до 2,7 трлн руб.). В 2025 году бюджет национального проекта исполнен на 99,96% – освоено 149,9 млрд руб. Крупнейшие направления расходов: «Цифровое государственное управление» (65,0 млрд руб.), «Отечественные решения» (12,6 млрд руб.), «Инфраструктура кибербезопасности» (12,2 млрд руб.), «Искусственный интеллект» (7,2 млрд руб.).

На основе проведенного анализа выделены следующие приоритетные направления для регионов, стремящихся повысить уровень собственной цифровой зрелости [1, 5, 7, 8]:

1. Развитие кадрового потенциала в сфере информационных технологий. Для регионов-аутсайдеров критически важно создание условий для удержания молодых специалистов: льготная ипотека, налоговые преференции для ИТ-компаний, открытие IT-кубов, кванториумов и центров кодирования.

2. Внедрение платформы обратной связи. Опыт Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Калужской, Оренбургской и Ростовской областей демонстрирует, что системная работа с обращениями граждан через цифровые каналы повышает удовлетворенность населения и эффективность управления.

3. Развитие телемедицины для удаленных территорий. Сахалинская и Московская области показывают, что дистанционные консультации позволяют существенно повысить доступность медицинской помощи.

4. Участие в федеральных проектах в сфере искусственного интеллекта. Пилотные регионы по внедрению «доверенного ИИ» (Республика Татарстан, Новосибирская, Сахалинская области) получают дополнительные ресурсы и экспертную поддержку федерального центра для развития технологий.

5. Повышение цифровой грамотности населения [10]. В регионах с низким процентом регистрации на портале «Госуслуги» необходимы программы обучения для старшего поколения и сельских жителей.

Заключение

Проведенный анализ рейтинга цифровизации субъектов Российской Федерации по итогам января–апреля 2025 года позволяет сформулировать следующие обобщающие выводы:

1. Цифровая трансформация региональных экономических систем России к 2025 году достигла этапа, характеризующегося завершением формирования базовой инфраструктуры и переходом к качественному совершенствованию управленческих и сервисных процессов. Группа регионов-лидеров (Москва, Белгородская область, Республика Татарстан) обеспечивает укрепление конкурентных позиций за счет активного внедрения технологий искусственного интеллекта и методов анализа больших данных. Регионы, занимающие средние позиции в рейтинге, демонстрируют догоняющую динамику, заимствуя успешные управленческие и технологические практики. Субъекты, замыкающие рейтинговую таблицу, получают адресную поддержку в рамках федеральных программ, направленную на интеграцию в цифровую экономику.

2. Межрегиональная дифференциация по уровню цифрового развития сохраняется. Интегральный индекс цифровой трансформации, рассчитанный по авторской методике, для Москвы составляет 0,982, для Белгородской области – 0,965, для Республики Татарстан – 0,947, тогда как для Республики Тыва указанный показатель не превышает 0,324 (различие – в 3,0 раза). Вместе с тем наличие регионов, демонстрирующих значительную положительную динамику (Камчатский край, Смоленская область, Кабардино-Балкарская Республика, Ярославская область, Архангельская область), свидетельствует о возможности преодоления отставания в относительно короткие сроки при условии реализации эффективной управленческой политики и концентрации ресурсов на приоритетных направлениях.

3. К числу ключевых трендов, определявших развитие региональной цифровизации в анализируемом периоде, относятся: рост инвестиционной активности в сфере искусственного интеллекта (объем бюджетных ассигнований на соответствующее направление в рамках национального проекта составил 7,2 млрд руб. в 2025 году); расширение практики телемедицинских консультаций (в Московской области за январь–март 2025 года проведено 190 тыс. дистанционных приемов); формирование платформенных решений для обратной связи с населением, позволяющих повысить прозрачность управленческих решений; внедрение технологий «умного города» в практику городского хозяйства; а

также последовательное сокращение цифрового неравенства между регионами.

4. Институциональную основу дальнейшего развития цифровой экономики на региональном уровне создают федеральные механизмы поддержки, включая национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» с общим бюджетом 1 трлн руб. на период до 2030 года, а также утвержденные региональные программы цифровой трансформации на 2026–2028 годы. Указанные документы формируют систему целевых показателей и ресурсного обеспечения, необходимую для поступательного движения регионов по траектории цифрового развития.

5. Для группы регионов, занимающих нижние позиции в рейтинге, приоритетными направлениями дальнейших преобразований выступают: развитие кадрового потенциала в сфере информационных технологий (включая создание условий для подготовки и удержания квалифицированных специалистов); повышение уровня цифровой грамотности населения, особенно в старших возрастных группах и в сельской местности; активное участие в федеральных проектах, направленных на внедрение технологий искусственного интеллекта; а также внедрение платформенных решений для организации обратной связи с гражданами.

Литература

1. Асалиева, З. А. Приоритеты цифрового развития регионов Российской Федерации / З. А. Асалиева // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. – 2022. – Т. 19, № 6 (126). – С. 78-88.
2. Ассоциация инновационных решений и искусственного интеллекта «Регионы XXI век». Рейтинг цифровизации и внедрения ИИ в регионах России (январь–апрель 2025 года). [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gosrf.ru/rejting-czifrovizaczii-i-vnedreniya-ii-v-regionah-rossii-yanvar-aprel-2025-goda (дата обращения: 12.05.2026).
3. Боркова, Е. А. Сбалансированность регионального развития в контексте достижения целей устойчивого развития / Е. А. Боркова, В. А. Плотников // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2025. – Т. 13, № 2 (69). – С. 59–73.
4. Ватлина, Л. В. Цифровизация и инновационное развитие экономики / Л. В. Ватлина, В. А. Плотников // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2023. – № 1 (139). – С. 106-113.
5. Глезман, Л. В. Приоритеты пространственно-отраслевого развития регионов в условиях цифровизации экономики / Л. В. Глезман // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 581-596.
6. Еловская, М. А. Цифровая трансформация экономики: проблемы, перспективы и ее влияние на экономическую безопасность / М. А. Еловская // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2024. – № 4 (148). – С. 114–120.
7. Еловская, М. А. Цифровизация в России: анализ тенденций и влияние на устойчивость общества / М. А. Еловская // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2025. – № 4 (154). – С. 69–74.
8. Еловская, М. А. Цифровые инновации и трансформация современной экономики: роль сектора ИКТ в обеспечении её устойчивости / М. А. Еловская // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2025. – № 2 (152). – С. 13–20.
9. ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. Динамика затрат на развитие цифровой экономики, февраль 2026. [Электронный ресурс]. – URL: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/1132489160.pdf (дата обращения: 12.05.2026).
10. Кравченко, Л. Н. Цифровая грамотность населения – необходимое условие развития цифровой экономики / Л.Н. Кравченко, А.С. Волощенко // Белгородский экономический вестник. – 2021. – № 4 (104). – С. 7-14.
11. Лепеш, Г. В. Цифровая трансформация промышленного сектора экономики / Г. В. Лепеш // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2022. – № 2 (60). – С. 3-15.
12. Минфин России. Исполнение расходов федерального бюджета на реализацию национальных проектов. [Электронный ресурс]. – URL: https://minfin.gov.ru/ru/press-center/?id_4=40165-ispolnenie_raskhodov_federalnogo_byudzheta_na_realizatsiyu_natsionalnykh_proektov (дата обращения: 12.05.2026).
13. Минцифры России. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства». [Электронный ресурс]. – URL: https://digital.gov.ru/target/naczionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva (дата обращения: 12.05.2026).
14. Пашута, А. О. Особенности, факторы и проблемы цифровизации в рамках развития регионов страны / А. О. Пашута, М. С. Нестеров, М. П. Солодовникова // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2023. – № 3 (75). – С. 9.
15. Плотников, В. А. Экономическая безопасность: специфика обеспечения в контексте внедрения технологий искусственного интеллекта / В. А. Плотников, А. А. Смирнов, А. М. Юсуфова // Экономика и управление. – 2025. – Т. 31, № 6. – С. 718–727.

УДК: 338.2:004

УПРАВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ: ОСОБЕННОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

И.Г. Салимьянова[1], И.В. Дубина[2]

Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Россия, 191023, *Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова*, 30-32*, литер А*

В статье рассматриваются особенности управления региональной инновационной инфраструктурой в условиях цифровой экономики. Анализируются ключевые векторы воздействия цифровой экономики на инновационную инфраструктуру региона, обосновывается роль современной цифровой инфраструктуры, платформенных решений и венчурного инвестирования в повышении инновационного потенциала регионов. На основе статистики последних лет проанализированы динамика развития технопарков, уровень их цифровизации и распределение по регионам. Предложены управленческие инструменты, направленные на повышение эффективности региональной инновационной экосистемы и коммерциализации цифровых проектов.

Ключевые слова: цифровая экономика, региональное развитие, инновационная инфраструктура, технопарки, управление инновациями, цифровизация.

MANAGEMENT OF REGIONAL INNOVATIVE INFRASTRUCTURE IN THE DIGITAL ECONOMY: FEATURES AND DIRECTIONS OF IMPROVEMENT

Salimyanova I.G., Dubina I.V.

St. Petersburg State University of Economics, Russia, 191023, *St. Petersburg, nab*. 30-32 *Griboyedov Canal*.

The article discusses the features of managing regional innovation infrastructure in the digital economy. It analyzes the key vectors of the digital economy's impact on the region's innovation infrastructure and substantiates the role of modern digital infrastructure, platform solutions, and venture investment in enhancing the regions' innovation potential. Based on recent statistics, the article examines the dynamics of technoparks' development, their level of digitalization, and their distribution across regions. It also proposes management tools aimed at improving the efficiency of the regional innovation ecosystem and the commercialization of digital projects.

Keywords: digital economy, regional development, innovative infrastructure, technology parks, innovation management, digitalization.

Переход к цифровой экономике обусловил необходимость глубокой трансформации механизмов управления региональной инновационной инфраструктурой. Инновации становятся ключевым фактором устойчивого экономического роста, а регионы - пространствами формирования сложных сетевых взаимодействий, в которых создаются, распространяются и коммерциализируются новые знания. Технопарки, индустриальные парки, акселераторы и центры трансфера технологий все чаще дополняются цифровыми платформами, аналитическими сервисами и удаленными формами взаимодействия. В этих условиях эффективность управления инновационной инфраструктурой определяется степенью ее цифровизации, интеграцией информационных технологий и способностью адаптироваться к динамичным изменениям технологической среды

Региональная инновационная инфраструктура представляет собой совокупность организаций, институтов и цифровых сервисов, обеспечивающих создание, распространение и коммерциализацию инноваций. К основным элементам относятся образовательные и научно-исследовательские организации, обеспечивающие подготовку кадров и генерацию знаний; технологические и бизнес-инкубаторы, технопарки, инновационные кластеры; финансово-инвестиционные структуры (венчурные фонды, грантовые программы); организации поддержки предпринимательства; государственные органы и институты развития, формирующие нормативно-правовую и организационную среду.

EDN **URUQLB**

[1]*Салимьянова Индира Гаязовна – доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента и инноваций тел.:* +7 (921) 305-83-87*, e-mail: saliindira@yandex.ru;*

[2]*Дубина Ирина Викторовна – доцент кафедры менеджмента и инноваций, e-mail: i.v.dubina @mail.ru.*

Функционирование региональной инновационной инфраструктурой основано на взаимодействии трех ключевых акторов - бизнеса, науки и государства (модель «тройной спирали»), которое в условиях цифровизации приобретает новые формы и каналы коммуникации.

Следует подчеркнуть, что технопарки в условиях цифровой экономики выступают не только как пространственная и организационная основа инновационной деятельности, но и как институциональные узлы региональной инновационной инфраструктуры, обеспечивающие концентрацию высокотехнологичных компаний, доступ к цифровым сервисам, научно-образовательным ресурсам и механизмам поддержки предпринимательства. На национальном уровне на 2024–2025 гг. в России насчитывается порядка 180 технопарков в 55 регионах, включая 65 индустриальных парков, из которых около 50 успешно функционируют, а 15 - находятся в стадии создания или расширения инфраструктуры, что свидетельствует о значительной региональной распространённости (хотя и неоднородной) технопарковой сети в стране [14].

На основании результатов Национального рейтинга технопарков России за 2025 г. были оценены 41 технопарк из 23 регионов страны, в сопоставлении с позициями ведущих площадок в рейтинге 2024 г. В таблице 1 представлены лидеры технопарков (данные 2024–2025 гг.). Данный рейтинг формируется Ассоциацией кластеров, технопарков и ОЭЗ РФ и используется как ориентир при оценке эффективности управления инновационной инфраструктурой [2].

Таблица 1 – **Лидеры технопарков России в 2025 г. и их позиции в 2024 г.**

Место в рейтинге 2025 г.	Технопарк	Регион	Позиция в рейтинге 2024 г.	Комментарий
1	Технопарк-Мордовия	Республика Мордовия	15	Стабильное лидерство за счёт высокой загрузки, экспорта ИТ-решений и развитой системы сопровождения резидентов
2	Жигулёвская долина	Самарская область	2	Сохранение позиции лидера сфере высоких технологий, высокий объём инвестиций и активная акселерационная деятельность
3	Elma	г. Москва	1	Рост показателей коммерциализации и числа высокотехнологичных резидентов
4	Семёновский	г. Москва	6	Развитая городская инновационная инфраструктура и поддержка со стороны региона
5	Morion Digital	Пермский край	4	Устойчивое развитие ИТ-экосистемы и ориентация на глобальные рынки

Анализ динамики позиций технопарков-лидеров в рейтингах 2024–2025 гг. показывает, что в 2025 г. в число лидеров вошли технопарки из различных субъектов Российской Федерации, при этом устойчивые позиции сохраняют как регионы Приволжского федерального округа (Республика Мордовия, Самарская область, Пермский край), так и столичные регионы (Москва). «Технопарк-Мордовия», вышедший на первое место в 2025 г., продемонстрировал заметное улучшение. Сопоставление с рейтингом 2024 г. показывает высокую преемственность состава лидеров, что свидетельствует о стабильности управленческих моделей и эффективности реализуемых региональных стратегий развития инновационной инфраструктуры.

Следует иметь в виду, что Москва и Московская область традиционно удерживают максимальное число инфраструктурных объектов, что подтверждает роль институционального качества управления и региональной специализации в развитии инновационной инфраструктуры. В ряде регионов также отмечается заметная активность по созданию и эксплуатации инновационной инфраструктуры. Так, Республика Татарстан входит в число лидеров по числу индустриальных парков (24) и технопарков, количество которых значительно выросло с 5 (2021 г.) до 11 в 2024 году. Они вносят весомый вклад в создание рабочих мест, привлечение инвестиций и развитую площадку для резидентов, что подтверждает способность региональных программ создавать условия для устойчивого инновационного развития [6].

Нельзя не отметить, что государственная поддержка развития инновационной инфра-

структуры в условиях цифровой экономики последовательно усиливается: в рамках федеральных программ до 2030 г. предусмотрено строительство и модернизация порядка 100 технопарков и индустриальных (промышленных) парков с общим объемом финансирования около 30 млрд руб. [4], [5]. Реализация этих инициатив создает насыщенную цифровую инфраструктурную среду, расширяет доступ регионов к современным технологическим и информационным ресурсам и способствует выравниванию цифровых и инновационных возможностей территорий. Одновременно формирование такой инфраструктуры создает благоприятные условия для венчурного инвестирования, поскольку обеспечивает стартапы необходимыми ресурсами, сервисами и сетями для масштабирования цифровых проектов, превращая инвестиции в эффективный инструмент коммерциализации технологий и укрепления региональной инновационной экосистемы.

По мере роста цифровых стартапов и усложнения технологических решений становится очевидным, что инфраструктурной и консультационной поддержки, предоставляемой технопарками, недостаточно для обеспечения устойчивого масштабирования инновационных проектов. Это актуализирует необходимость привлечения финансовых инструментов, способных компенсировать высокие риски и обеспечить динамичное развитие цифровых решений. Если технопарки обеспечивают условия для зарождения и первичного развития инноваций, то венчурный обеспечивает приток ресурсов в рискованные, но высокотехнологичные проекты, на ранних и ростовых стадиях особенно в областях ИТ, искусственного интеллекта и цифровых платформ, стимулируя создание новых продуктов и услуг, а также возможности для их коммерциализации, выхода на рынки и интеграции в цифровые цепочки создания стоимости [11]. В этих условиях венчурное инвестирование становится естественным продолжением инфраструктурной поддержки, позволяя превращать технологические идеи в коммерчески успешные цифровые решения и укреплять региональную инновационную экосистему.

В России наблюдается заметное оживление венчурного рынка: по данным аналитиков, объем венчурных инвестиций в технологические компании за первое полугодие 2025 г. вырос на 70–81 % и достиг примерно $77,9–83 млн по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, несмотря на сокращение числа сделок, что отражает тенденцию к концентрации капитала в более зрелые проекты и увеличению среднего «чека» инвестиций [3], [10].

В условиях цифровой экономики региональные венчурные фонды, такие как Инвестиционно-венчурный фонд Республики Татарстан, становятся не только источником финансирования, но и инструментом стратегического управления инновационным развитием, направляя капитал в приоритетные цифровые направления (ИТ-решения, ИИ, платформенные технологии, индустриальные цифровые сервисы).

Однако, наблюдаемая тенденция к концентрации инвестиций в более зрелых проектах указывает на дефицит финансирования ранних стадий, что напрямую влияет на архитектуру региональной инновационной инфраструктуры. Для компенсации данного разрыва возрастает значение бизнес-инкубаторов, университетских стартапов, технопарков и программ предпосевного финансирования, интегрированных в цифровые экосистемы региона. В связи с этим, управление инновационной инфраструктурой должно быть ориентировано на сквозную поддержку жизненного цикла инноваций - от генерации идей до выхода на рынок.

Интерес представляют региональные практики, реализуемые в Республике Татарстан, которые демонстрируют институциональную связанность элементов инновационной инфраструктуры (венчурные фонды, акселераторы, вузы, ИТ-кластеры, цифровые платформы взаимодействия), что повышает инвестиционную привлекательность региона и снижает риски для частных инвесторов. Проведение отраслевых форумов и развитие сетевого взаимодействия способствуют формированию устойчивых инновационных сообществ и ускоряют диффузию цифровых технологий в региональной экономике.

Таким образом, эффективное управление региональной инновационной инфраструктурой в условиях цифровой экономики предполагает синхронизацию функций технопарков и механизмов венчурного инвестирования, что позволяет выстраивать непрерывную траекторию поддержки инновационных проектов - от идеи до масштабируемого цифрового бизнеса.

Цифровая экономика трансформирует традиционные механизмы управления инновационными процессами, создавая новые инструменты и платформы для взаимодействия. В табл. 2 отражены основные направления влияния

цифровой экономики на инновационную инфраструктуру региона.

Цифровая экономика формирует новые парадигмы управления региональным развитием, в рамках которых приоритетное значение приобретают сетевые формы взаимодействия, платформенные механизмы координации и управление на основе данных. В отличие от традиционных иерархических моделей, региональное управление инновационной инфраструктурой в цифровой среде ориентируется на горизонтальную координацию между органами власти, управляющими компаниями технопарков, бизнесом и научно-образовательными организациями, что соответствует концепции сетевого общества М. Кастельса [8].

Таблица 2 – **Основные направления влияния цифровой экономики на инновационную инфраструктуру региона**

Направления	Комментарий
Цифровизация коммуникаций и кооперации	Появление цифровых платформ (marketplaces технологий, открытые инновации, краудсорсинговые площадки). Ускорение обмена знаниями между участниками инновационной экосистемы. Интенсификация сетевых межрегиональных и международных взаимодействий
Повышение эффективности процессов управления	Внедрение больших данных (Big Data) в анализ инновационных проектов и мониторинг инфраструктурных элементов. Использование систем искусственного интеллекта для прогнозирования инновационной активности и оценки проектных рисков. Автоматизация административных процедур, включая предоставление государственных услуг бизнесу
Формирование новых институтов и механизмов поддержки инноваций	Развитие цифровых технопарков и виртуальных инкубаторов. Создание региональных цифровых сервисов поддержки предпринимателей (цифровые витрины мер поддержки, единые окна).

Реализация данного подхода обеспечивается за счет использования региональных цифровых платформ, создающая интеграцию разрозненных элементов инновационной инфраструктуры в единую управляемую систему. Региональные цифровые платформы позволяют органам власти выполнять функцию оркестратора инновационной экосистемы, снижая транзакционные издержки взаимодействия, обеспечивая доступ субъектов малого и среднего бизнеса к инфраструктуре, мерам поддержки и инвестиционным ресурсам, что согласуется с теориями платформенной экономики Ж.-Ш. Роше, Ж. Тироля и Н. Срничека. В региональном контексте это проявляется в создании цифровых витрин инновационных проектов, реестров резидентов технопарков и платформ мониторинга инновационной активности [12], [18].

Одновременно возрастает роль управления, ориентированного на данные (data-driven governance), предполагающего применение системы ключевых показателей эффективности (KPI) для оценки результативности функционирования региональной инновационной инфраструктуры. Использование аналитических инструментов, обоснованных в работах Т. Давенпорта и Дж. Харриса, позволяет региональным органам власти перейти к управлению, основанному на измеримых социально-экономических эффектах инновационной деятельности [1]. Интеграция науки, бизнеса и государства в цифровой экономике реализуется в рамках модели «тройной спирали» Г. Ицковица и Л. Лейдесдорфа, при этом региональный уровень выступает ключевой территорией формирования устойчивых инновационных экосистем, обеспечивающих трансфер знаний и коммерциализацию научных разработок [16].

В связи с этим, следует выделить особенности управление инновационной инфраструктурой в современных условиях:

1. Управление приобретает черты сетевого взаимодействия, что требует координации множества акторов на основе цифровых платформ; горизонтальных связей между организациями науки, бизнеса и власти; активного привлечения частных инвесторов и технологических компаний.

2. Происходит цифровая трансформация управленческих процессов. Современные региональные органы управления интегрируют системы электронного документооборота; цифровые модели управления проектами (Agile, Lean, Design Thinking); системы интеллектуального мониторинга эффективности инфраструктурных объектов.

3. Повышаются требования к цифровым компетенциям управленцев, для эффективного

управления необходимы навыки анализа данных; работы с цифровыми платформами; цифровой безопасности; цифрового стратегирования.

Несмотря на активное внедрение цифровых технологий, сохраняются системные проблемы и барьеры управления региональной инновационной инфраструктурой:

- Неравномерность цифрового развития регионов. Различный уровень цифровой зрелости приводит к асимметрии инновационных возможностей.

- Недостаток квалифицированных кадров в сфере цифрового управления в отдельных субъектах РФ, отставание образовательных программ от текущих запросов инновационной экономики.

- Фрагментарность цифровых платформ и сервисов

Отсутствие единой интегрированной системы обмена данными затрудняет координацию.

- Низкая доступность цифровых финансовых инструментов Ограниченность венчурного капитала и инструментов поддержки цифровых стартапов.

- Правовые и нормативные ограничения. Регулирование не успевает за темпами цифровой трансформации.

Совершенствование управления региональной инновационной инфраструктурой в условиях цифровой экономики требует перехода от фрагментарных мер поддержки к системному, стратегически ориентированному управлению, основанному на использовании цифровых инструментов, данных и межсекторного взаимодействия. В настоящее время, по данным официальной статистики, более 70 % действующих технопарков и индустриальных парков сосредоточены в ограниченном числе экономически развитых регионов, что усиливает пространственную асимметрию инновационного развития и требует активного управленческого вмешательства на региональном уровне.

Одним из ключевых направлений является внедрение цифровых платформ управления инновационной инфраструктурой. Такие платформы позволяют агрегировать данные о деятельности технопарков, резидентов, мерах государственной поддержки и инвестиционных потоках, обеспечивая прозрачность и координацию управленческих решений. Практика показывает, что регионы, использующие цифровые реестры резидентов и платформы мониторинга, демонстрируют более высокие показатели загрузки инфраструктуры (в среднем на 10–15 % выше), а также ускорение процедур отбора и сопровождения инновационных проектов.

Важным направлением является развитие управления, ориентированного на данные (data-driven management). Формирование системы ключевых показателей эффективности (KPI) должно учитывать не только количественные параметры (число резидентов, площадь инфраструктурных объектов, объем привлеченных инвестиций), но и качественные результаты инновационной деятельности. К числу таких показателей относятся доля коммерциализованных разработок, количество высокотехнологичных рабочих мест, объем выручки резидентов и их вклад в валовой региональный продукт. Использование цифровых аналитических инструментов позволяет региональным органам власти в режиме реального времени отслеживать динамику показателей и корректировать меры поддержки.

Следующим направлением является совершенствование финансовых механизмов управления инновационной инфраструктурой. В условиях нестабильности венчурного рынка особое значение приобретают гибридные модели финансирования, сочетающие бюджетные средства, региональные фонды развития, корпоративные инвестиции и механизмы государственно-частного партнерства. По оценкам аналитических обзоров, до 60 % инновационных проектов на ранних стадиях в регионах реализуются преимущественно за счет государственных и квазигосударственных источников, что требует повышения эффективности их распределения и ориентации на измеримые результаты.

Особое внимание должно уделяться развитию человеческого капитала и институциональной интеграции науки, бизнеса и государства. Региональные инновационные инфраструктуры, тесно взаимодействующие с университетами и научными центрами, демонстрируют более высокие показатели инновационной активности: количество патентных заявок и стартапов при вузах в таких регионах в среднем на 20–25 % выше. Цифровые образовательные платформы, программы акселерации и совместные лаборатории способствуют снижению кадровых ограничений и ускорению трансфера знаний.

Наконец, важным направлением совершенствования управления является формирование региональной специализации и кластерного подхода. Сосредоточение инновационной инфраструктуры вокруг приоритетных отраслей

(промышленные технологии, ИТ, агротехнологии, биомедицина) позволяет повысить концентрацию компетенций и инвестиционную привлекательность регионов. Статистические данные свидетельствуют, что регионы с выраженной инновационной специализацией привлекают в 1,3–1,5 раза больше инвестиций в высокотехнологичные проекты по сравнению с регионами без четко сформированных приоритетов.

Таким образом, цифровая экономика формирует новые требования к управлению региональной инновационной инфраструктурой. Совершенствование управления региональной инновационной инфраструктурой должно опираться на цифровизацию управленческих процессов, использование данных и KPI, развитие гибридных финансовых механизмов, укрепление кадрового потенциала и формирование региональных инновационных кластеров, что в совокупности обеспечивает повышение устойчивости и результативности инновационного развития регионов. Стратегические приоритеты должны быть направлены на формирование интегрированных цифровых экосистем, развитие цифровых компетенций управленцев и усиление межсекторного сотрудничества. Только в условиях комплексного подхода возможно обеспечение устойчивого роста инновационной активности регионов и повышение их конкурентоспособности.

Литература

1. Аналитика как конкурентное преимущество = Competing on analytics: новая наука побеждать / Т. Дэвенпорт и Дж. Харрис [пер. с англ.]. – СПб: Best-BusinessBooks, 2010. - 256 с.
2. В Москве представили итоги XI Национального рейтинга технопарков России – URL: http https://akitrf.ru/news/v-moskve-predstavili-itogi-xi-natsionalnogo-reytinga-tekhnoparkov-rossii/ (дата обращения: 19.11.2025).
3. В первом полугодии 2025 г. объем венчурных инвестиций в технологии вырос на 70% – URL: https://www.comnews.ru/content/240523/ 2025-08-05/2025-w32/1007/pervom (дата обращения: 30.11.2025).
4. Вереникина А.Ю. Потенциал цифровой трансформации: рейтинг регионов РФ // Экономика региона. – 2024. – № 4. – с. 1008-1025.
5. Индустриальные парки и технопарки Российской Федерации 2024. – URL: http://ruschinapark.ru/o-tehnoparke/ (дата обращения: 30.11.2025).
6. Индикаторы развития промышленности региона – URL: https://gisp.gov.ru/gisip/stats_passport/Республика%20Татарстан/ru/ (дата обращения: 11.12.2025).
7. Индикаторы цифровой экономики: 2025: статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; НИУ ВШЭ. – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2025 – 296 с
8. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. - М.: ГУ-ВШЭ, 2001. 384 с.
9. Рейтинг стран и регионов – Гуманитарный портал. [Электронный ресурс].URL: https://gtmarket.ru (дата обращения: 17.03.2025).
10. Рынок венчурных инвестиций России: 1полугодие 2025 / Аналитический центр Московского инновационного кластера – URL: https://i.moscow/analytics (дата обращения: 12.12.2025).
11. Салимьянова И. Г. Погорельцев, А. С. Цифровая трансформация экономики: анализ трендов в контексте институциональных. теорий (часть 1) / Известия СПбГЭУ. 2018. № 6 (114). С. 7-14.
12. Срничек, Н. Капитализм платформ / пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. — 128 с.
13. Строев В.В., Сидоренко С.В. Анализ цифровой зрелости регионов Российской Федерации // Вестник университета. – 2024. – № 5. – с. 5–14.
14. Технопарки России – 2024: ежегодный бизнес-навигатор/ К.В. Емельянов, А.И. Зайончковский и др.– М.: АКИТ РФ, 2024 – 100 с.
15. Цифровая экономика: 2024: краткий статистический сборник / НИУ ВШЭ. – М.: НИУ ВШЭ, 2024.
16. Etzkowitz H., Leydesdorff L., The Triple Helix of University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge-Based Economic Development // EASST 1995. - Review 14, № 1.
17. Global Innovation Index 2024.: WIPO, 2024. – URL: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/gii-2024-results.html (дата обращения: 11.12.2025).
18. Rochet J.-C., Tirole J. Platform competition in two-sided markets // Journal of European Economic Association. 2003 Vol. 1, no. 4 P. 990–1029.

УДК 338.465.4

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ЦИФРОВОГО СЕРВИСА ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ И ОТРАСЛЕВОЙ ЭКОНОМИКИ

Г.В. Алексеев[1], М.Ю. Некипелов[2], А.С. Гарницкая[3]

Гатчинский государственный университет (*ГГУ*),
Россия, 188300, *Ленинградская обл. Гатчина, ул.Рощинская,* 5.

В статье рассматриваются состояние, проблемы и возможности трансформации экономики с точки зрения обеспечения ее важнейшими ресурсами, такими как пресная вода, на примере совершенствования очистки сточных вод содержащих жиро или маслосодержащие включения. Использование водных ресурсов в трансформируемом промышленном обороте может приводить к ограничениям в использовании их человеком, например, в пищевых целях. Осуществляемая в настоящее время трансформация национальной экономики в направлении достижения технологических приоритетов и суверенитета, по мнению авторов, делает затрагиваемую проблему весьма актуальной.

Ключевые слова: очистка, пресная вода, инновации, жиросодержание, маслосодержание, сточные воды, технико-технологический сервис.

PROBLEMS OF TECHNICAL, TECHNOLOGICAL, AND DIGITAL SERVICES IN THE TRANSFORMATION OF THE REGIONAL AND SECTORAL ECONOMIES

G.V. Alekseev, M.Yu. Nekipelov, A.S. Garnitskaya

Gatchina State University, Russia,188300, Gatchina, Roshchinskaya St., 5

This article examines the current state, challenges, and opportunities for economic transformation in terms of providing essential resources, such as fresh water, using the example of improving the treatment of wastewater containing fat or oil-containing impurities. At the same time, innovations in the appropriate treatment of industrial wastewater, both at the industry and regional levels, supported by qualified service, can enable the use of this valuable natural resource not only for food but also in other vital sectors, such as pharmaceutical production. The authors believe that the ongoing transformation of the national economy toward achieving technological priorities and sovereignty makes this issue highly relevant.

Keywords: treatment, fresh water, innovation, fat content, oil content, wastewater, technical and technological services.

Введение

Сложившиеся в мире к настоящему времени социально-политическая и экономическая обстановка настоятельно требуют интенсифицировать усилия по трансформации экономики страны в направлении достижения технологических приоритетов и суверенитета. Международный опыт показал, что сервисные услуги, включая их разновидности связанные с IT-технологиями, обеспечивают активизацию всех сфер жизни общества, так же как инновационные преобразования, и являются одним из важнейших средств совершенствования современной экономической жизни. Это проявляется не только на экономиках отдельных стран, но и на уровне жизни их сообществ. Вместе с тем, это не исключает проявлений национальных региональных или отраслевых особенностей. Наличие такой сферы экономики, как сервисные услуги, признано важным этапом дальнейшего развития, том числе, всех стран Евразийского экономического союза [1-4].

Цель и методы исследования

Особое внимание оказывается в процессе планируемых преобразований инвестициям в основной капитал, направленным на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. К ним относятся затраты на строительство, реконструкцию (включая расширение и модернизацию) объектов, которые приводят к увеличению их первоначальной стоимости, приобретение машин, оборудования, транспортных средств.

К числу инновационного оборудования относят при этом станции для очистки сточных вод в виде комплекса сооружений биологической, физико-химической или механической очистки для производственных и хозяйственно-

EDN **UNOISO**

[1]*Алексеев Геннадий Валентинович – доктор технических наук, профессор, e-mail: gva2003@mail.ru;*
[2]*Некипелов Михаил Юрьевич – аспирант, e-mail: mail@gief.ru;*
[3]*Гарницкая Анна Сергеевна– аспирант, e-mai: nio@gief.ru.*

бытовых сточных вод, необходимые для проведения технологического процесса очистки сточных вод до установленных нормативов [4-7].

Особенное внимание уделяют системам оборотного водоснабжения с замкнутыми циклами, то есть с возвратом для нужд технического водоснабжения сбросовых сточных вод после их соответствующей очистки и обработки. Указанные особенности взаимного влияния вводимых в оборудование инноваций производственного оборудования и своевременный сервис уже существующих образцов естественным образом влияют на эффективность работы всего производственного комплекса, в первую очередь экономическую. Это обстоятельство определяет и возможности предприятий для дальнейшего совершенствования производства.

Учитывая, что общее благополучие предприятия опирается, в том числе, и на его возможности участия в правильной организации водооборота представляется необходимым выработать комплексный метод оценки всех технико-экономических параметров влияющих на дальнейшее успешное реформирование экономики [8-10].

Основная часть

Актуальность необходимости комплексной оценки с выбором соответствующей целевой функции диктуется результатами отчетности, приводимыми Росстатом.

Содержательный анализ такого рода данных приведем методом лепестковых диаграмм, в процессе которого диаграммы каждого из анализируемых факторов изобразим в виде лепестковой диаграммы, предварительно нормализуя каждый фактор, после чего все эти диаграммы совместим на одном графике для сравнения занимаемой площади (таблица 1). Добавляя статистические значения исследуемых параметров за последние годы и соответствующие затраты на очистку сточных вод получаем таблицу для проведения комплексного анализа (таблица 2).

Таблица 1 – **Объемы сточных вод и характер их загрязнения** (в арктической зоне)
(*миллионов кубических метров*)

По годам	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Сброшено сточных вод	706,3	650,0	622,9	648,9	661,1
в том числе					
Сточных вод без очистки	128,6	98,1	85,6	83,0	89,6
Недостаточно очищенных сточных вод	532,2	513,0	494,2	350,1	337,5

Таблица 2 – **Сводная таблица статистических данных** (арктическая зона)

По годам	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
1.Текущие затраты на сбор и очистку сточных вод, млрд.руб.	163,261	173,688	174,921	181,661	187,765	204,203	222,137
2.Сточных вод сброшенных без очистки, млн.куб.метров	128,6	98,1	85,6	83	89,6	86,1	82,8
3.Сточных вод недостаточно очищенных, млн.куб.метров	532,2	513	494,2	350,1	337,5	301	301,2

Нормализуя эти данные, то есть, получая отношения показателей каждого года к максимально достигаемому значению за исследуемый период времени, можно получить условный фактор его наиболее эффективного использования.

Площадь соответствующего многоугольника как условный параметр целевой функции будет отражать возможность достижения экстремума при том или ином наборе изменяемых факторов на определенный период наблюдений.

Наиболее информативный и исчерпывающий анализ полученных графических построений и соответствующих статистических данных можно провести после очень простых дополнительных цифровых оценок [11].

Площадь правильного семиугольника, который заполнен построенными графиками вычисляют по формуле:

$$S = n \cdot 0.5 \cdot \sin(2\pi/n) \cdot L,$$

где S – площадь правильного многоугольника;

n – количество сегментов правильного многоугольника;

L – радиус описывающей правильного многоугольник окружности

(максимальное значение параметра, принимаемое за единицу) .

Поскольку в рассматриваемом случае n=7, а L=1, то после нормализации статистических данных получим, S=2,74 (максимальная площадь - максимально возможная величина параметра за исследуемый период).

После нормализации расчетную таблицу можно представить в виде таблицы 3.

Таблица 3 – **Нормализованная расчетная таблица (арктическая зона)**

По годам	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	0,734956	0,781896	0,787446	0,817788	0,845267	0,919266	1
2	1	0,76283	0,66563	0,645412	0,696734	0,669518	0,643857
3	1	0,963923	0,928598	0,657835	0,63416	0,565577	0,565953

Графическое изображение полученной расчетной таблицы приведено на рисунке 1.

Построенные графики позволяют сделать определенные выводы об опыте и нынешнем состоянии очистки сточных вод, учитывая, что:

- площадь, очерченная синей линией (1) – общий объем финансирования работ по годам;
- площадь, очерченная красной линией (2) – общий объем сточных вод сброшенных без очистки по годам;
- площадь, очерченная зеленой линией (3) – общий объем сточных вод сточных вод недостаточно очищенных по годам.

Визуальный анализ построенных графических зависимостей позволяет сделать вывод о том, что:

- 2017 год – при явно недостаточном финансировании объемы сточных вод неочищенных и недостаточно очищенных принимал наибольшие значения;

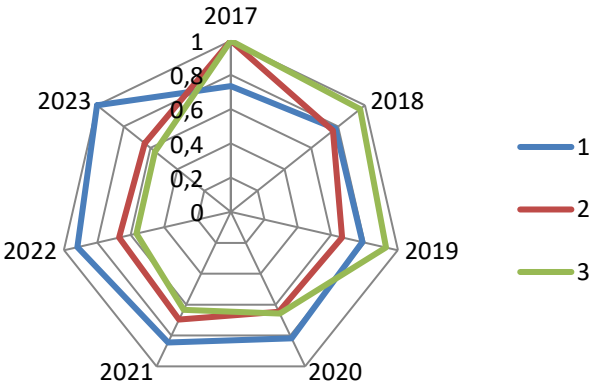

Рисунок 1 – **Расчетная лепестковая диаграмма** (арктическая зона)

- 2018 год – при некотором увеличении финансирования, недостаточного для переоснащения очистительных сооружений, но направленного на проведение технико-технологического сервиса, несколько улучшилась ситуация с очисткой и значительно снизилось количество неочищенных сточных вод;

- 2019 год – дальнейшее увеличение финансирования укрепило наметившиеся тенденции и количество сточных вод без очистки продолжило заметное снижение;

- 2020 год – практически при неизменном финансировании большее внимание уделялось сервису, в том числе возможно цифровому, что при практически неизменившихся количествах неочищенных стоков резко повысило качество самой очистки;

- 2021 год – выделяемое финансирование в целом использовалось на поддержание достигнутого в предыдущем году уровня очистки, хотя частично выходящее из строя оборудование без должного сервиса несколько увеличило объемы неочищенных сточных вод;

- 2022-202 годы – наметившиеся тенденции сохранились, но требуются серьезные инновации для того, чтобы не потерять достигнутые результаты и не вернутся к положению 2017 года.

Арктическая зона России насыщена в основном предприятиями добывающих отраслей промышленности и соответствующее очистительное оборудование имеет достаточно небольшое количество видов установок и систем очистки. Это в определенной степени упрощает его сервис благодаря достаточно однородному набору запасных частей и цифровых блоков [12].

Промышленные зоны континентальной России эксплуатируют более широкий круг технологического оборудования, которое в основной своей части более автоматизировано и включает более разнообразный круг цифровых систем и устройств. Большее разнообразие производимой продукции приводит к более широкому виду отходов и к более строгим критериям очистки.

Анализ характера требований к технико-технологическому и цифровому сервису можно аналогично сделать и для состояния очистки сточных вод на континентальной зоне территории России.

Таблица нормализованных статистических данных для этих районов, исходя из опубликованных сведений, выглядит следующим образом (таблица 4) .

В приводимой таблице приняты следующие обозначения:

1 – затраты на сбор и очистку сточных вод;

2 – станции для очистки;

3 – системы оборотного водоснабжения;
4 – сточные воды без очистки;
5- сточные воды с недостаточной очисткой.

Таблица 4 – **Нормализованная расчетная таблица (континентальная зона)**

	2017	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
1	0,73496	0,7819	0,78745	0,81779	0,84527	0,91927	1
2	0,66667	0,44444	0,55556	0,55556	1	0,27778	0,94444
3	0,28571	0,30952	1	0,21429	0,19048	0,04762	0,16667
4	1	0,96	0,92	0,76	0,8	0,84	0,56
5	1	0,97297	0,92793	0,88288	0,86486	0,82883	0,85586

Графические построения в этом случае отражены на рисунке 2 следующим образом.

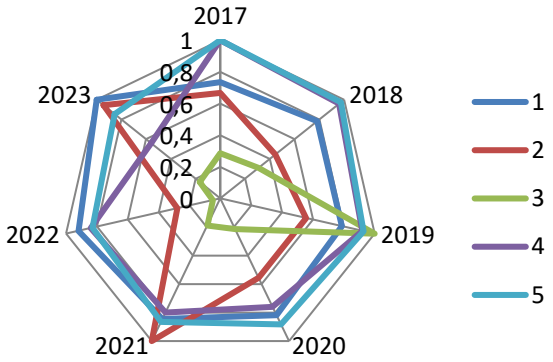

Рисунок 2 – **Расчетная лепестковая диаграмма** (континентальная зона)

Выводы

Анализ по годам последней построенной диаграммы приводит к результатам весьма близким к тем, что получены для Арктической зоны. Регионально-отраслевые особенности отражены на ней охватом большего разнообразия производимой продукции и использованием для этого нового цифрового оборудования в составе современных станций для очистки и систем оборотного водоснабжения. Именно эти обстоятельства вызвали резкие скачки в количествах сточных вод от систем оборотного водоснабжения в 2019 году и такого же изменения при использовании станций для очистки в 2021 и 2023 годах. Указанные годы совпали с внедрением новых инновационных разработок, потребовавших дополнительного технико-технологического и цифрового сервиса.

Литература

1. Охрана окружающей среды в России. 2024: Стат. сб./Росстат. – 0-92 М., 2024. – 118 с.
2. Охрана окружающей среды в России. 2022: Стат. сб./Росстат. – 0-92 М., 2022. – 115 с.
3. Deng S. Yu G., Ting Y. Production of biofloccuant and its application in dyeremoval . Colloids S urf. B : Biointerface . 2005. V. 44. No 4, p. 179–186
4. Алексеев Г.В., Головацкий Г.А., Краснов И.В. Некоторые направления повышения эффективности технологического оборудования для переработки пищевого сырья, Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2007. № 3. С. 52.
5. Алексеев Г.В., Гришанова (Даниленко) Е.А., Кондратов А.В., Гончаров М.В. Возможности реализации эффектов кавитации для измельчения пищевого сырья. Вестник Международной академии холода. 2012. № 3. С. 45-47.
6. Vliesfilter von Knoll mit vielen Vorteilen //Produktion. – 2005. – No 40. – p. 46
7. Гарницкая А.С., Ключников С.В., Алексеев Г.В. Цифровизация процесса обучения для креативной разработки инновационного объекта. В сборнике: Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты. Сборник научных статей 15-й Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х томах. Курск, 2025. С. 113-117.
8. Алексеев Г.В., Гарницкая А.С., Смирнова А.А., Садыкова Г.И. Возможности цифровизации менеджмента кейтеринговых услуг**.** В сборнике: Фундаментальная и прикладная наука: актуальные вопросы. сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2025. С. 56-59.
9. Савельев А.П., Гарницкая А.С., Алексеев Г.В. Совершенствование процесса дозирования неньютонских сред для кондитерских производств. В сборнике: Молодежь и XXI век - 2025. сборник научных статей 14-й Международной молодежной научной конференции. Курск, 2025. С. 25-28.
10. Цифровая идентификация инновационного элемента при включении его в технологический процесс. Свидетельство программы для ЭВМ № 2026610851. Алексеев Г.В., Гарницкая А. С. И др. 15.01.2026, Бюл. № 1.
11. Цифровизация выбора стратегии развития предприятия. Свидетельство программы для ЭВМ № 2026610851. Алексеев Г.В., Гарницкая А. С. И др. 13.02.2026, Бюл. № 2.
12. Цифровая оценка возможности лидерства предприятия. Свидетельство программы для ЭВМ № 2026614933. Алексеев Г.В., Гарницкая А. С. И др. 18.02.2026, Бюл. № 2

УДК 339.54

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПОРТНЫХ ПОСТАВОК НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ

О.В. Филонов[1], А.Ю. Комелова[2]

Санкт-Петербургский имени В.Б. Бобкова филиал Российской таможенной академии, ул. Софийская д. 52 *лит. А, г. Санкт-Петербург,* 192241*, Россия*

В статье анализируется динамика доли нефтегазовых доходов в Федеральном бюджете, которая снизилась до ~22% в 2025 г. по сравнению с пиковыми значениями свыше 50% в 2012–2014 гг. Рассматриваются ключевые факторы сокращения поступлений: падение цен на нефть марки «Urals», укрепление курса рубля и санкционное давление. Приведены количественные показатели экспорта нефти и нефтепродуктов за 2021–2025 гг., демонстрирующие волатильность и постепенное снижение объемов (с 8,1 млн. баррелей в сутки (б/с) в 2022 г. до 6,81 млн. б/с к ноябрю 2025 г.). Освещена переориентация экспортных потоков на азиатские рынки (Китай, Индия, Турция), изменение логистических цепочек и структуры поставок. Сделан вывод о постепенной диверсификации экономики и адаптации нефтегазового сектора к изменившимся внешнеэкономическим условиям.

Ключевые слова: нефтегазовый сектор, экспорт нефти, Федеральный бюджет, налоговый манёвр, санкционное давление, адаптивная модель экспорта, динамическая модель экспорта.

FEATURES OF EXPORT DELIVERIES OF OIL AND OIL PRODUCTS FROM THE RUSSIAN FEDERATION UNDER CONDITIONS OF SANCTIONS PRESSURE

O. V. Filonov, A. Yu. Komelova

V.B. Bobkov St. Petersburg Branch of the Russian Customs Academy, 52 *Sofiyskaya St. lit. A, St. Petersburg,* 192241, *Russia.*

This article examines the role of the oil and gas sector in the Russian economy today. It analyzes the dynamics of the share of oil and gas revenues in the federal budget, which has decreased to ~22% in 2025 compared to peak values of over 50% in 2012–2014. Key factors behind the decline in revenues are considered: falling Urals crude oil prices, the strengthening of the ruble, and sanctions pressure. Quantitative indicators of oil and petroleum product exports for 2021–2025 are presented, demonstrating volatility and a gradual decline in volumes (from 8.1 million bpd in 2022 to 6.81 million bpd by November 2025). The article highlights the reorientation of export flows to Asian markets (China, India, Turkey), changes in logistics chains, and supply structures. The consequences of the tax maneuver (reducing export duties with an increase in the mineral extraction tax) and new restrictive measures in 2025 are analyzed. A conclusion is made about the gradual diversification of the economy and the adaptation of the oil and gas sector to changing foreign economic conditions.

Keywords: Oil and gas sector, oil exports, Federal budget, tax maneuver, sanctions pressure, adaptive export model, dynamic export model

Введение

Одним из ключевых элементов структуры российской экономики являются нефтегазовые отрасли, которые обеспечивают основу доходов бюджета. Тем не менее, под воздействием как внутренних, так и внешних факторов осуществляется пересмотр роли данной отрасли. Уменьшение доли нефтегазовых доходов в Федеральном бюджете со значений в 50% в 2012-2014 гг. до уровня около 22% в 2025 г. свидетельствует о происходящих процессах диверсификации экономики.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью комплексного анализа текущего состояния российского нефтегазового сектора в условиях нарастающего геополитического давления и трансформации энергетических рынков. Санкционные ограничения затронули сферы логистики и страхования [1], доступа к технологиям и финансовым рынкам. В этих условиях важно оценить не только объёмы и направления экспортных поставок нефти и нефтепродуктов, но и адаптивность националь-

EDN **VMJSJS**

[1]*Филонов Олег Владимирович – специалист по логистике, e-mail: ftd@spbrta.ru;*

[2]*Комелова Анна Юрьевна – канд. экон. наук, доцент кафедры таможенных доходов и тарифного регулирования, e-mail: komelova*2014*@ya.ru.*

ной системы регулирования. Изучение особенностей экспортных поставок нефти и нефтепродуктов в период действия санкционных ограничений позволяет выявить уязвимость, оценить эффективность применяемых мер и разработать рекомендации по укреплению экспортного потенциала России.

Целью работы является анализ особенностей экспортных поставок нефти и нефтепродуктов в условиях санкционного давления, оценка их влияния на экономику и разработку предложений по обеспечению устойчивости и конкурентоспособности нефтегазового сектора РФ.

Для достижения поставленной цели в работе были определены следующие задачи:

1. Проанализировать динамику изменения доли нефтегазовых доходов в федеральном бюджете РФ, выявить ключевые факторы данного процесса в период с 2012 по 2025 гг.
2. Оценить объёмы и структуру экспортных поставок нефти и нефтепродуктов из РФ за период 2021-2025 гг., включая анализ изменений в логистических цепочках и географии основных рынков сбыта.
3. Обобщить оценку внешних факторов и мер поддержки для стабилизации отрасли нефтегазового сектора.

Научная новизна исследования заключается в комплексном и системном подходе к анализу трансформации российского нефтегазового экспорта под влиянием беспрецедентного санкционного давления. Впервые предпринята попытка всесторонне оценить взаимосвязь между изменением структуры доходов Федерального бюджета (ФБ, динамикой экспортных поставок, эффектами налогового маневра и особенностями внутреннего регулирования рынка.

Методы и материалы

В работе использовали комплексный системный подход, а также методы: сравнительный анализ законодательства; научной литературы и открытых данных; приемы научного познания (дедукция, индукция, анализ, синтез); графические и статистические методы; системный, монографический, статистический и компаративный (сравнительных) анализ; обобщение и интервью. Отраслевая база научных статей включает работы, опубликованные за 2015-2025 гг.

Роль России в мировой системе нефтеобеспечения, структура экспортных поставок нефти и нефтепродуктов по направлениям транспорта и способам поставок, организационная структура транспортировки и тенденции развития транспортной инфраструктуры приведена в статье Я. В. Эдер, И. В. Филимонова и др. [2].

Современное состояние нефтегазовой отрасли России по данным на 2018 г., исследовано в монографии авторов Института нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения РАН [3].

П. Б. Катюха и И. С. Лобачев в своей статье рассматривают перспективы развития России в условиях фрагментации мирового рынка углеводородов. Автор исследует особенности формирования принципиально новой модели ценообразования с национальными ценовыми бенчмарками, которые будут релевантны для мирового товарно-сырьевого рынка [4].

Характеристика структуры экспорта энергоресурсов по данным за 15 лет с 2006 – 2015 гг., а таже прогнозные тенденции экспорта энергоресурсов на период 2030 -2035 гг. приводят в работе И. В. Шевченко, И. Т. Илиадис [5].

А. М. Голубчик и Е. В. Пак исследуют особенности функционирования внешнеторговой транспортной логистики России в условиях санкционного режима [1]. Секторальные, финансовые и технологические ограничения, введенные с 2014 г. и анализ их влияния на российские нефтяные компании приведено в статье В. И. Салыгин, К. А. Воронина [6]. А. Громова и А. Титова анализируют поставки и структуру танкерных перевозок российской нефти и нефтепродуктов под влиянием санкций в период 2021 – 2023 гг. [7].

Обсуждение

Несмотря на то, что нефтегазовая промышленность обеспечивает значительную часть поступлений от экспорта в бюджет РФ, доля нефтегазовых доходов в бюджете снизилась (до ~22–23%) [8] в связи с падением цен на нефть марки «Urals» (Рис.1), укреплением курса рубля и рядом других факторов. По оценкам Минфина РФ в 2026 г. тенденция сохранится, и доля нефтегазовых доходов составит 22% от общего объёма поступлений.

Так, по итогам 2025 г. нефтегазовые доходы составили 8,47 трлн. руб., сократившись по сравнению с предыдущим годом на 22%. При этом ненефтегазовые доходы выросли на 11% и достигли 24,87 трлн. руб.

Расчетная цена российской нефти (рисунок 1) определена на основе котировок Центра ценовых индексов (ЦЦИ) по формуле, используемой в НК РФ. До 31.12.2024 г. – наибольшая из величин: среднеарифметическая цена «Urals» в торговые дни за налоговый период, увеличенная на 2 долл./барр. за транспортировку до мировых рынков нефтяного сырья, или стоимость нефти

марки «North sea dated», уменьшенная на прогнозную величину в соответствии с НК РФ; с 01.01.2025 г. - средневзвешенная цена, определяемая как сумма среднеарифметического Urals FOB Primorsk и Urals FOB Novorossiysk, умноженного на коэффициент 0,78 и значения цены ESPO FOB Kozmino, умноженного на коэффициент 0,22.

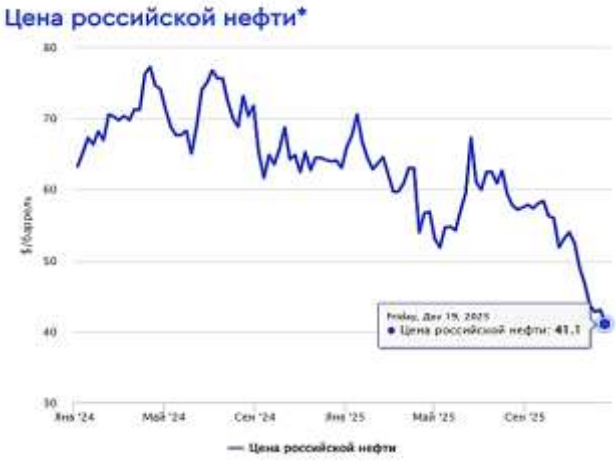

Рисунок 1 – **Динамика изменения цен на нефть марки «Urals» за период с января 2024 г. по сентябрь 2025 г., в долл. США за баррель** [9]

На рисунке 2 отражена динамика изменения объема нефтегазовых доходов России за период 2021–2025 гг.

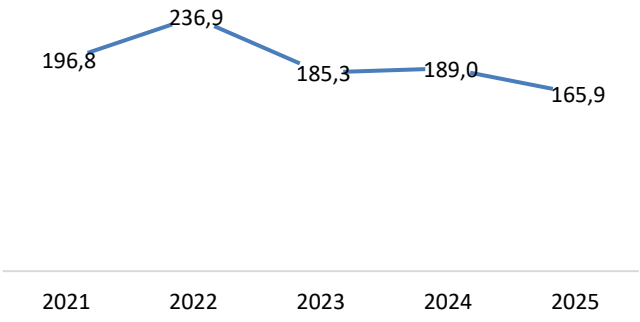

Рисунок 2 – **Доходы от экспорта нефти и нефтепродуктов в структуре Федерального бюджета по оценкам IEA за период 2021 -2025 гг., в млрд долл. США** [9]

Доходы России от экспорта нефти и нефтепродуктов в 2021–2025 гг. демонстрировали выраженную волатильность, отражающую влияние как мировых цен на энергоресурсы, так и внутренних регуляторных мер. После роста в 2022 г. до 236,9 млрд долл. США, связанного с повышением нефтяных котировок на фоне кризиса на Украине, в 2023–2024 гг. наблюдалось постепенное снижение доходов до 189 млрд долл. США. Это было обусловлено частичной переориентацией экспорта на азиатские рынки и усилением санкционного давления. Ориентировочные итоговые показатели за 2025 год (около 165,9 млрд долл. США) указывают на продолжение тенденции к сокращению экспортной выручки при сохранении физического объема поставок.

Важным индикатором устойчивости финансовой системы РФ является доля нефтегазовых доходов в структуре ФБ. Изменения доли нефтегазовых доходов в структуре ФБ, за последние 20 лет с дискретностью в два года (2005 – 2025 гг.) представлено на рис. 3.

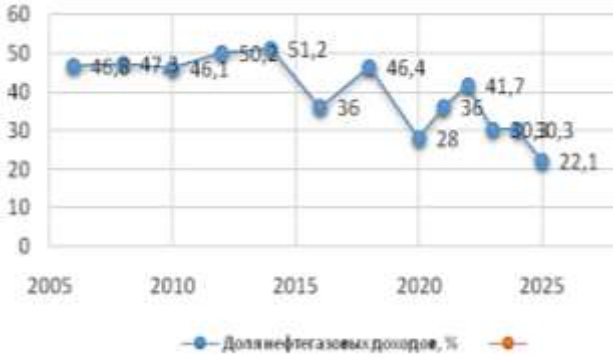

Рисунок 3 – **Динамика изменения доли нефтегазовых доходов в Федеральном бюджете РФ в 2006–2025 гг., в процентах (%)** [11]

Анализ представленных данных показывает, что в 2012–2014 гг. наблюдался пик зависимости ФБ от нефтегазовых поступлений – их доля превышала 50%. Однако, начиная с 2016 г. тенденция изменилась: доля нефтегазовых доходов сократилась до 36%, а в 2020 г.– до 28% на фоне снижения цен на нефть и сокращения экспорта. Несмотря на временный рост в 2022 г. (около 42%), в последующие годы показатель вновь снизился. В 2025 г. доля нефтегазовых доходов составила около 22%, что свидетельствует о продолжающейся диверсификации источников пополнения ФБ и снижении его зависимости от внешнеэкономической конъюнктуры.

Изменение объема нефтегазовых доходов ФБ в абсолютных величинах представлено на рис. 4. Как видно из графика, совокупные доходы ФБ РФ за период 2011–2025 гг. увеличились более чем в три раза – с 11,3 трлн. руб. до около 33 трлн. руб. При этом нефтегазовые доходы, несмотря на абсолютный рост в первой половине рассматриваемого периода, демонстрируют относительное снижение своей доли – с более чем 46% в 2011 гг. до примерно 22% в 2025 г.

Таким образом, роль России как крупного экспортера сохраняется, а страна остается одним из лидеров в сфере экспорта нефти и

нефтепродуктов (около 6,5-7,5 млн. б/с). На рис. 5 представлены данные по поставкам на внешние рынки в зависимости от используемого вида транспорта за 2025 г.

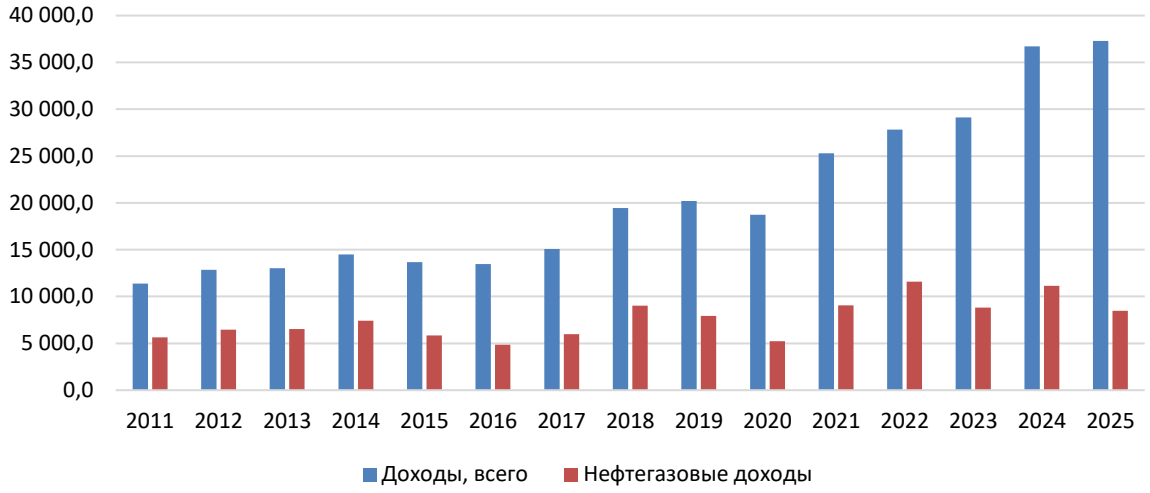

Рисунок 4 – **Структура доходов Федерального бюджета РФ (млрд. руб.) и нефтегазовые доходы в 2006–2025** гг. [11]

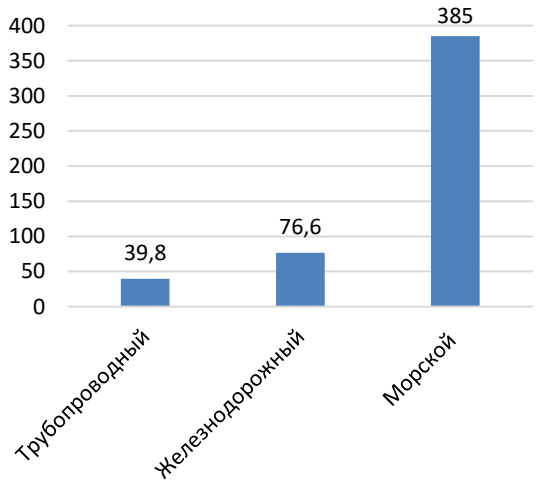

Рисунок 5 – **Объем экспорта из России нефти и нефтепродуктов по видам транспорта в 2025 г.** (млн. т) [11]

В Европейские страны (в частности, в Венгрию и Словакию), нефть из России поставляется по трубопроводу «Дружба», а в Азию по трубопроводу «ВСТО» (Восточная Сибирь – Тихий океан). В среднем трубопроводный экспорт сырой нефти в 2025 г. составлял 0,8 млн. б/с, то есть около 39,8 млн. тонн/год [12].

Объем морского экспорта нефти за 11 месяцев 2025 года составил 252 млн. тонн, а нефтепродуктов – 110 млн. тонн (суммарно по итогам года около 385 млн. тонн) [13].

Железнодорожным транспортом в 2025 г. экспортировано ориентировочно 76,6 млн. тонн нефти и нефтепродуктов [14].

В 2025 г. сохраняется тенденция снижения морского и трубопроводного экспорта нефтепродуктов при общем сдвиге торговых потоков в азиатском направлении. Совокупный морской экспорт дизельного топлива на октябрь 2025 г. составляет около 820 тыс. б/с, что на 10% ниже уровня 2024 г., а экспорт мазута оценивается примерно в 780-820 тыс. б/с (−12% г/г) [15].

Эти показатели отражают влияние временных ограничений, связанных с постановлением Правительства № 1503 от 30.09.2025 г. [16], которым введен запрет на экспорт дизельного топлива и газойлей, а также с ремонтными работами на крупных НПЗ (как плановыми, так и аварийными).

Основная часть морских поставок в настоящее время ориентирована на азиатские рынки – на них приходится около 83% всех экспортных объемов, направляемых преимущественно в Китай, Индию и Турцию.

Экспорт нефти в 2025 г. сохранялся на уровне 4,6 млн. б/с, что сопоставимо с 2024 г., однако структура поставок изменилась – снизилась доля сырой нефти в пользу переработанных продуктов, особенно судового топлива и мазута, пользующихся спросом в странах Ближнего Востока и Южной Азии. Кроме того, наблюдается общее перераспределение экспортных маршрутов и сокращение поставок в Турцию и ОАЭ.

На основе официальных данных Министерства финансов РФ (Минфина РФ) и прогнозных значений был построен сводный график динамики изменения доли нефтегазовых доходов в ФБ и объёмов экспорта нефти и нефтепродуктов.

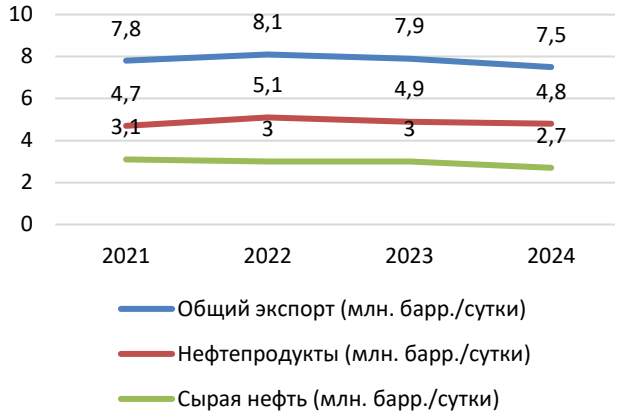

Рисунок 6 – **Динамика изменения объема экспорта российской нефти и нефтепродуктов, в млн баррелей в сутки** : составлено автором по материалам Международного энергетического агентства (IEA) [10].

Здесь учитывается, что баррель в сутки (б/с) – это показатель в нефтяной отрасли, обозначающий ежедневный объем добычи нефти в баррелях. Коэффициент перевода из баррелей в тонны не является константой – плотность нефти меняется от скважины и сильно зависит от температуры. Например, для нефти Brent (средняя плотность 826,5 кг/м³): 1 баррель = 0,1314 тонн; для нефти Urals (средняя плотность 865,5 кг/м³): 1 баррель = 0,1376 тонн.

Пик экспортных поставок пришелся на 2022 год (8,1 млн. б/с), что совпадает с периодом активных внешнеторговых операций до введения масштабных санкций. В 2023–2024 гг. отмечается постепенное снижение экспортных объемов до 7,5 млн. б/с, обусловленное переориентацией поставок и изменением логистических цепочек. В течение 2025 г. объемы ежедневного экспорта снижались, опустившись к ноябрю до уровня 6,81 млн. б/с [17], что во многом стало результатом дополнительного санкционного давления со стороны США и Великобритании. Так, в 22.10.2025 г. данными странами были введены дополнительные ограничительные меры в отношении ПАО «ЛУКОЙЛ» и ПАО «Роснефть», а также 30 их дочерних компаний. Однако в декабре данный показатель вырос до 7,55 млн. б/с [18], что демонстрирует способность российских экспортеров достаточно быстро адаптироваться к меняющимся условиям.

В целом доля сырой нефти стабильно составляет около 60–65% общего экспорта, а нефтепродуктов – 35–40%.

На рис. 7 представлены объемы экспорта нефтепродуктов через крупнейшие российские порты и портовые комплексы.

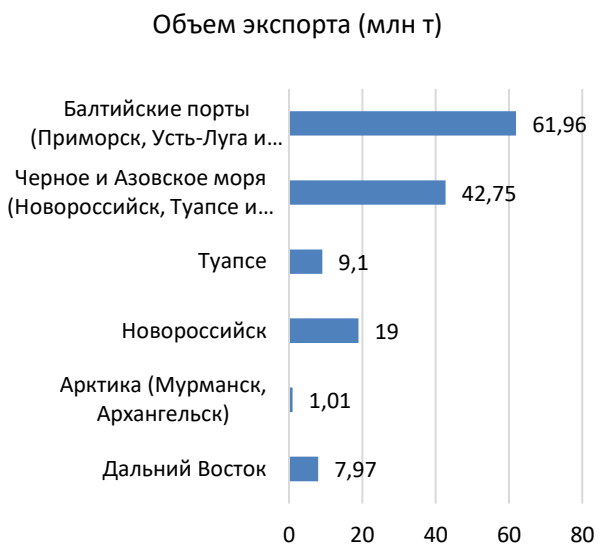

Рисунок 7 – **Данные по основным российским портам экспорта нефтепродуктов в 2024 г.** (в млн т) [19]

Наибольший объём экспортных отгрузок обеспечивают балтийские порты – около 62 млн. т. На втором месте находятся черноморские порты – 42,7 млн т. Так, значительные объемы приходятся на Новороссийск (19 млн т), тогда как через Туапсе отгружается до 9,1 млн т. Арктическое (1,0 млн. т) и дальневосточное (7,9 млн. т) направления остаются менее значимыми, однако обеспечивают диверсификацию экспортных поставок.

Структура экспорта нефтепродуктов РФ по основным странам-партнерам в 2025 г. представлена на рис. 8.

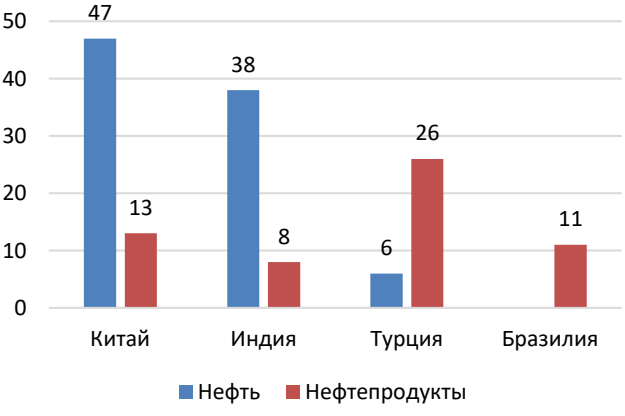

Рисунок 8 – **Данные по экспорту нефтепродуктов РФ по странам-партнерам в 2025 г**. (в %) [20]

Анализ данных показывает, что крупнейшим импортером российских нефтепродуктов является Турция, на которую приходится около 26% всех поставок. Существенные объ-

емы также направляются в Китай (13%) и Бразилию (11%), что отражает диверсификацию экспортных маршрутов в сторону Азии и Латинской Америки. В тоже время крупнейшими импортерами сырой нефти являются Китай (47%) и Индия (38%), что говорит о переориентации РФ на новые рынки сбыта.

Таким образом, на основе рассмотренных статистических данных можно сделать вывод о значительном снижении зависимости России от нефтегазовых поступлений в течение последних двух десятилетий. Это свидетельствует о прогрессе в реализации стратегии снижения сырьевой зависимости и повышении устойчивости финансовой системы страны. Несмотря на абсолютный рост совокупных доходов бюджета, который более чем утроился за рассматриваемый период, доля нефтегазовых поступлений демонстрирует относительное уменьшение, что является позитивным индикатором.

Россия сохраняет положение одного из ключевых мировых экспортеров нефти и нефтепродуктов. Экспорт осуществляется различными видами транспорта, в основном это морские перевозки, для сопредельных стран – железнодорожный транспорт, а также применяется система трубопроводного транспорта для поставок в Европу и Китай (главным оператором нефтетрубопроводной системы является ПАО «Транснефть») [25, 26]. В последние годы происходит активная переориентация экспортных потоков на азиатские рынки, прежде всего в Китай, Индию и Турцию [26]. Экспорт сырой нефти сохраняется на стабильном уровне, однако, общая структура экспортных поставок изменяется в пользу переработанных продуктов.

Учитывая продемонстрированную позитивную динамику снижения зависимости федерального бюджета от нефтегазовых доходов, целесообразно продолжать курс на диверсификацию источников его пополнения. Важно сохранить и поддержать тенденцию к увеличению доли доходов от внутреннего налогообложения, включая НДПИ, и дальнейшее развитие переработки углеводородного сырья внутри страны. Необходимо также продолжать мониторинг и анализ эффективности действующих экспортных ограничений и адаптировать их к текущей рыночной ситуации для минимизации негативного воздействия на экспортный потенциал и стимулирования добросовестной конкуренции. Следует активно работать над укреплением торговых связей с традиционными и новыми рыночными партнерами, в особенности в азиатском и латиноамериканском регионах, а также развивать инфраструктурные возможности для диверсификации экспортных маршрутов. Исследование и внедрение инновационных технологий в нефтепереработку и производство новых видов топлива также станут ключевыми факторами повышения конкурентоспособности и устойчивости отрасли в долгосрочной перспективе.

Согласно данным Минфина РФ, динамика изменения нефтегазовых доходов федерального бюджета за 2018–2025 гг. демонстрирует явный сдвиг в структуре поступлений. Доходы от экспортных пошлин сократились с 3 007,9 млрд. руб. в 2018 г. до 458,32 млрд. руб. в 2025 г., тогда как поступления от НДПИ выросли с 6 009,8 млрд. руб. до 8 738,68 млрд. руб. [21]. По мере реализации налогового маневра доля вывозных пошлин в структуре нефтегазовых доходов бюджета неуклонно снижалась, тогда как роль НДПИ росла, что отражает переход от экспортно-ориентированной модели фискального регулирования к модели внутреннего налогообложения добычи, ориентированной на стимулирование переработки и наполнение бюджета за счет внутреннего ресурса, а не внешнеторговых операций.

Запреты и ограничения для стабилизации внутреннего рынка нефтепродуктов

Правительством РФ в последние годы было ввело ряд запретов и ограничений для стабилизации внутреннего рынка нефтепродуктов.

1. До 26 февраля 2026 г. действует запрет вывоза из РФ товарных бензинов (коды ТН ВЭД ЕАЭС 2710 12 411 0 − 2710 12 590 0), в том числе приобретенных на биржевых торгах, с 01.09.2025 по 26.02.2026 г. (постановление Правительства РФ (далее - ПП РФ) №1294 от 27.08.2025, в ред. от 25.12.2025 № 2126 [22]).

2. Введен временный запрет на вывоз дизельного топлива, судового топлива и газойлей прочих (коды ТН ВЭД ЕАЭС 2710 19 421 0 – 2710 19 429 0), в том числе приобретенных на биржевых торгах, за рядом исключений до 26.02.2026 г. (ПП РФ от 30.09.2025 № 1503, в ред. от 26.12.2025 № 2150 [23]).

3. До 30.06.2026 г. продлен запрет на поставку нефти и нефтепродуктов иностранным физическим и юридическим лицам, если в контрактах прямо или косвенно делается ссылка на использование механизма фиксации потолка цен, введенных недружественными России государствами (Указ Президента РФ от 15.12.2025 № 937) [24].

Решение о продлении запрета на поставку нефти и нефтепродуктов иностранным

контрагентам, прямо или косвенно ссылающимся на механизм «потолка цен», в контексте снижения ЕС допустимой цены на российскую нефть, способствует минимизации внешнего влияния на отечественный рынок и защиту от нерыночных ограничений. Важным шагом также стала отмена правила до мая 2026 г. лишения нефтяных компаний бюджетных субсидий при резком росте биржевых цен на бензин и дизель.

Меры по поддержке внутреннего топливного рынка в 2025-2026 гг. указывают на реализацию комплексного подхода к стабилизации отрасли в условиях повышенной волатильности и внешнего давления. Очередное продление запретов на вывоз товарных бензинов и дизельного топлива до 31.07.2026 г. (было до 26.02 2026 г.), являются ключевым инструментом обеспечения внутреннего предложения и предотвращения дефицита.

Учитывая эффективность принятых ранее Правительством стабилизационных мер, рекомендуется продолжать их применение и адаптацию к изменяющимся условиям. Важно обеспечить постоянный мониторинг эффективности действующих ограничений на экспорт, регулярно пересматривая их целесообразность и объём, чтобы не создавать избыточных барьеров для добросовестных участников рынка и не препятствовать экономически обоснованным экспортным операциям, где это возможно. Следует также активно развивать диалог с нефтегазовым сектором для оценки влияния предпринятых шагов и выявления новых потенциальных рисков и возможностей.

Заключение

Экспорт нефти и нефтепродуктов остается для России стратегическим сектором с высокой ролью в экономике и бюджете, однако его доля в бюджетных доходах неуклонно снижается. Совокупность мер, принятых российским руководством (запрет экспорта бензина и дизельного топлива, продление моратория на обнуление топливного демпфера, смещение фискальной нагрузки с экспортных пошлин на НДПИ и др.) демонстрирует, что приоритетными задачами правительства являются обеспечение стабильности внутреннего рынка топлива и обеспечение устойчивости бюджета, которые в целом были решена успешно. В рамках данного процесса особую поддержку получили крупные нефтяные компании.

В условиях же усиления санкционного давления со стороны стран Запада, которое в начале 2026 г. перешло в новую фазу на фоне учащения случаев задержания танкеров, перевозящих нефть российских нефтяных компаний, продолжающегося снижения цен на нефть марки «Брент», а также укрепления рубля, перспективы наращивания объема нефтегазовых доходов остаются туманными.

Несмотря на удары по российским НПЗ объёмы производства нефти и нефтепродуктов в России снизились незначительно, однако сохраняется риск увеличения ущерба от атак в случае осуществления противником более массовых налетов модернизированными средствами поражения.

Для увеличения объёма экспортной выручки целесообразно сосредоточить усилия на увеличении поставок нефтепродуктов высокой переработки, приносящих больший доход. Для этого необходимо развитие логистической инфраструктуры в восточном и южном направлениях, особенно трубопроводной, что в перспективе позволит снизить риск морских перевозок. Одновременно необходимо дальнейшее закрепление на рынках стран «глобального Юга», что включает заключение долгосрочных контрактов, переход расчеты в национальных валютах, наращивание инвестиций в собственный танкерный флот, а также развитие системы страхования, в целях избежания иностранных посредников.

Литература

1. Голубчик А. М., Пак Е. В. Внешнеторговая транспортная логистика России в условиях санкционного режима: год спустя // Российский внешнеэкономический вестник. 2023. №10. С. 77-83.

2. Экспортные поставки нефти из России: организационная структура и направления транспорта / Я. В. Эдер, И. В. Филимонова, М. В. Мишенин, Р. А. Мочалов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2013. – № 10. – С. 33-36. – EDN RKBXSZ.

3. Нефтегазовый комплекс России - 2018 : Научно-аналитическое издание: в 4 частях / И. В. Филимонова, В. Ю. Немов, И. В. Проворная [и др.]; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук. Том Часть 1. – Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения РАН, 2019. – 84 с. – ISBN 978-5-4437-0916-1. – EDN XTJIMS.

4. Катюха П.Б., Лобачев И.С. Перспективы развития России в условиях фрагментации мирового рынка углеводородов // Инновации и инвестиции. 2024. №11. С. 77-82.

5. Шевченко, И. В. Анализ основных энергетических проектов России / И. В. Шевченко, И. Т. Илиадис // Экономика устойчивого развития. – 2018. – № 1(33). – С. 212-217. – EDN YVETOB.

6. Салыгин, В. И. Функционирование нефтяной отрасли России в условиях санкционного давления / В. И. Салыгин, К. А. Воронина // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 10. – С. 85-88. – EDN GMSIYP.

7. Громов, А. Перестройка российской нефтяной отрасли в условиях эмбарго и «потолка» цен / А. Громов, А. Титов // Энергетическая политика. – 2023. – № 5(183). – С. 6-19. – DOI 10.46920/2409-5516_2023_5183_6. – EDN ZYMSGO.

8. Силуанов: доля нефтегазовых доходов в бюджете России снизилась почти вдвое [Электронный ресурс]. – 30.12.2025. – URL: https://www.vedomosti.ru/economics/news/2025/12/30/1167440-dolya-neftegazovih-dohodov (дата обращения: 03.01.2026).

9. Данные Центра ценовых индексов [Электронный ресурс]. – 15.01.2026. – URL: https://pbc-index.ru/markets/markets-oil.html (дата обращения: 15.01.2026).

10. Oil Market Report: Russian Oil Export Revenues 2021–2025 (перевод с англ.: Доходы РФ от экспорта нефти и нефтепродуктов в млрд. долл. США) [заголовок с экрана] // Международное энергетическое агентство (IEA) [Электронный ресурс]. – Париж: International Energy Agency, 2025. URL: https://www.iea.org/reports/oil-market-report-december-2025 (дата обращения: 10.01.2025).

11. Доходы федерального бюджета и нефтегазовые поступления: статистические данные за 2006–2025 гг. (заголовок с экрана) // Министерство финансов РФ. [Электронный ресурс]. URL: https://minfin.gov.ru (дата обращения: 03.11.2025).

12. Кто покупает российскую нефть? [Электронный ресурс]. – 04.09.2025. – URL: https://alfabank.ru/alfa-investor/t/kto-pokupaet-rossiyskuyu-neft/ (дата обращения: 03.01.2026).

13. Нефть под ОПЕКой: О перспективах экспорта российских нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – 26.12.2025. – URL https://na-atr.ru/news/view/20914 (дата обращения: 03.01.2026).

14. Данные союза операторов железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]. URL: https://railsovet.ru/analitika/obzory-raboty-gruzovogo-zheleznodorozhnogo-transporta-/ (дата обращения: 09.01.2026).

15. Баррели требуют Suezmax (заголовок с экрана)// Коммерсантъ [Электронный ресурс]. – 03.10.2025. URL: https://www.kommersant.ru/doc/8081356 (дата обращения: 03.01.2026).

16. Постановление Правительства РФ от 30.09.2025 г. № 1503 «О введении временного запрета на вывоз отдельных видов топлива из Российской Федерации».

17. МЭА: нефтяной экспорт России в ноябре снизился до 6,86 млн. б/с (заголовок с экрана)// Альта-Софт [Электронный ресурс]. – 11.12.2025. – URL: https://www.alta.ru/external_news/124130/ (дата обращения: 03.01.2026).

18. Нефтяной экспорт России вырос в декабре 2025 года до 7,55 млн. б/с (заголовок с экрана)// Альта-Софт [Электронный ресурс]. – 21.01.2026. – URL: https://www.alta.ru/external_news/124130/ (дата обращения: 26.01.2026).

19. Russia's 2024 seaborne oil product exports hit by headwinds including drone attacks (заголовок с экрана)// Reuters. [Электронный ресурс]. – 17.01.2025. – Режим доступа: https://www.reuters.com/business/energy/russias-2024-seaborne-oil-product-exports-hit-by-headwinds-including-drone-2025-01-17 (дата обращения: 23.09.2025).

20. Centre for Research on Energy and Clean Air. August 2025 monthly analysis of Russian fossil fuel exports and sanctions [Электронный ресурс]. – 2025. URL: https://ogsnc.com/en/news/international/august-2024-_-monthly-analysis-o/?ysclid=mjifvyjp2s878145675 (дата обращения: 23.12.2025).

21. Отчеты о доходах федерального бюджета за 2018–2025 гг.// Министерство финансов РФ [Электронный ресурс]. URL: https://minfin.gov.ru (дата обращения: 09.01.2026).

22. Постановление Правительства РФ от 25.12.2025 № 2126 «О внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 27 августа 2025 г. N 1294».

23. Постановление Правительства РФ от 30.09.2025 г. № 1503 «О введении временного запрета на вывоз отдельных видов топлива из Российской Федерации».

24. Указ Президента РФ от 15.12.2025 № 937 «О внесении изменения в Указ Президента Российской Федерации от 27 декабря 2022 г. N 961 «О применении специальных экономических мер в топливно-энергетической сфере в связи с установлением некоторыми иностранными государствами предельной цены на российские нефть и нефтепродукты».

25. Экспорт нефтепродуктов (заголовок с экрана)// URL: https://nwca.ru/blog/eksport-nefteproduktov-/eksport-nefteproduktov-/ (дата обращения: 15.04.2026).

26. Рынок нефти и нефтепродуктов России (заголовок с экрана)// URL: https://seala.ru/oil/neftrossiya (дата обращения: 15.04.2026).

УДК 332.12

ИНСТРУМЕНТЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.В. Купрякова[1]
Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Россия, 191023*, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова*, 30-32*, литер А*.

Статья раскрывает комплексный подход к оценке уровня устойчивого развития российских регионов посредством интегрированного анализа промышленно-экономических показателей, социального состояния и экологической устойчивости субъектов. Для апробации предлагаемой методики автором был оценен уровень устойчивого развития всех субъектов Российской Федерации. В заключительной части статьи на основе результатов проведенного анализа предлагаются инструменты повышения уровня устойчивого развития регионов нашей страны.

Ключевые слова: устойчивое развитие, регионы Российской Федерации, промышленно-экономическая эффективность, социальная обеспеченность, экологическая безопасность.

TOOLS FOR ENHANCING SUSTAINABLE DEVELOPMENT LEVEL OF REGIONS IN THE RUSSIAN FEDERATION

A.V. Kupryakova
Saint Petersburg State University of Economics,
191023*, Russia, St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal,* 30-32*, letter A.*

The article outlines a comprehensive approach to assess the sustainable development level of Russian regions by integrating industrial-economic indices, social condition, and ecological stability. To validate this methodology, the author evaluated the sustainable development level across all federal subjects of Russia. Based on these findings, practical tools are proposed at the end of the paper aimed at enhancing the sustainable development of our country's regions.

Keywords: sustainable development, regions of the Russian Federation, industrial-economic efficiency, social security, environmental safety.

Вопросы устойчивого развития приобретают особую актуальность в современных условиях, обусловленных необходимостью сбалансированного сочетания экономических, социальных и экологических факторов. Устойчивость региона становится определяющим условием для достижения высоких темпов социально-экономического роста, повышения качества жизни населения и сохранения природных ресурсов [7].

Исследование и совершенствование методического аппарата оценки уровня устойчивого развития субъектов Российской Федерации приобретает ключевое значение в современной научной и практической парадигме пространственного планирования [13]. Комплексный учет многообразия факторов, характеризующих состояние экономики, социума и экосистемы отдельных регионов, способствует созданию надежных прогностических моделей и обоснованию адекватных управленческих решений [9].

Разработка универсальной системы критериев и индикаторов позволяет повысить точность диагностики текущих тенденций и выработать точные, дифференцированные меры стимулирования экологически ориентированных преобразований, модернизации инфраструктуры и преодоления структурных диспропорций [2]. Адекватный инструментарий повышения уровня устойчивого развития обеспечивает создание эффективных государственных и муниципальных программ, направляющих деятельность органов власти и бизнеса на обеспечение устойчивого роста, гармонизацию общественных потребностей и экологических ограничений [5].

В связи с этим возникает потребность в совершенствовании методов оценки и инструментариев повышения уровня устойчивого развития регионов Российской Федерации. Оценка уровня устойчивого развития субъектов Российской Федерации должна базироваться на трех ключевых составляющих: эффективность эко-

EDN XCDJYU

[1]*Купрякова Анастасия Владимировна – ассистент кафедры МиИ, тел.*: +7-921-565-57-08*, e-mail: kupryakova.a@unecon.ru.*

номики и промышленности, социальная обеспеченность и экологическая безопасность [1,3,12]. В связи с этим предлагается сформировать комплексный интегральный показатель уровня устойчивого развития региона. Его компоненты представлены на рисунке 1.

Рисунок 1 – **Состав комплексного показателя уровня устойчивого развития ре**гиона

За основу методики оценки потенциалов была взята методика расчета Индекса Транснациональных компаний, введенная ЮНКТАД в 1990 году. Каждый интегральный показатель состоит из суммы индексов, описанных выше показателей. Сами индексы рассчитываются по следующей формуле [14]:

$$(X_{факт}-X_{min})/(X_{max}-X_{min}), \quad (1)$$

где $X_{факт}$ – значение каждого показателя каждого субъекта;

X_{min} – минимальное значение каждого показателя среди всех субъектов;

X_{ma} – максимальное значение каждого показателя среди всех субъектов.

Результаты оценки уровня промышленно-экономической эффективности субъектов Российской Федерации представлен в таблице 1 [8,15,16].

Таблица 1 – **Оценка уровня промышленно-экономической эффективности регионов России**

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд.3	Инд. 4	Инт.	Оценка	Значение
г. Москва	1,0000	0,9409	1,0000	0,8489	3,7898	1,0<ИП	Регионы – промышленно-экономические лидеры
Тюменская область	0,1885	1,0000	0,1561	1,0000	2,3446		
Московская область	0,3206	0,9896	0,5351	0,3887	2,2339		
г. Санкт-Петербург	0,2650	0,6761	0,5003	0,3067	1,7481		
Республика Татарстан	0,4207	0,5446	0,2161	0,3228	1,5043		
Свердловская область	0,2461	0,7009	0,2989	0,2280	1,4739		
Самарская область	0,2007	0,6398	0,1911	0,1413	1,1730		
Челябинская область	0,1984	0,5421	0,2272	0,1772	1,1449		
Республика Башкортостан	0,1444	0,5588	0,2060	0,2099	1,1191		
Красноярский край	0,3601	0,3105	0,1381	0,2313	1,0401		
Кемеровская область	0,2540	0,3888	0,0923	0,2025	0,9377	0,5<ИП< 1,0	Передовые промышленно-экономические регионы
Пермский край	0,2304	0,3819	0,1271	0,1458	0,8852		
Нижегородская область	0,1293	0,4140	0,1919	0,1173	0,8525		
Краснодарский край	0,0836	0,3289	0,2192	0,1154	0,7471		
Ростовская область	0,0829	0,3815	0,1591	0,1053	0,7287		
Иркутская область	0,2123	0,2791	0,1024	0,1157	0,7096		
Новосибирская область	0,0779	0,2859	0,2119	0,0812	0,6569		

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд.3	Инд. 4	Инт.	Оценка	Значение
Республика Саха (Якутия)	0,2615	0,1656	0,0520	0,1216	0,6007		
Тульская область	0,0961	0,3095	0,0754	0,1047	0,5858		
Ленинградская область	0,1087	0,2454	0,0917	0,1357	0,5815		
Оренбургская область	0,1878	0,2109	0,0654	0,0950	0,5592		
Воронежская область	0,0467	0,3189	0,0893	0,0647	0,5196		
Волгоградская область	0,0667	0,3134	0,0710	0,0631	0,5142		
Вологодская область	0,1223	0,2266	0,0686	0,0865	0,5040		
Владимирская область	0,0587	0,2579	0,0846	0,0636	0,4647	0,2<ИП< 0,5	Регионы умеренной промышленно-экономической эффективности
Удмуртская Республика	0,0990	0,2334	0,0778	0,0544	0,4646		
Архангельская область	0,1573	0,1922	0,0391	0,0663	0,4549		
Калужская область	0,0552	0,2524	0,0731	0,0644	0,4451		
Ставропольский край	0,0365	0,2953	0,0691	0,0407	0,4415		
Алтайский край	0,0388	0,1964	0,1194	0,0439	0,3984		
Саратовская область	0,0583	0,2274	0,0478	0,0633	0,3968		
Сахалинская область	0,2269	0,0421	0,0068	0,0814	0,3573		
Ярославская область	0,0431	0,1752	0,0853	0,0409	0,3446		
Омская область	0,0424	0,1687	0,0525	0,0720	0,3356		
Липецкая область	0,0643	0,1465	0,0439	0,0800	0,3347		
Рязанская область	0,0322	0,1838	0,0662	0,0377	0,3199		
Пензенская область	0,0238	0,1868	0,0618	0,0273	0,2997		
Кировская область	0,0367	0,1608	0,0655	0,0294	0,2925		
Приморский край	0,0205	0,1649	0,0824	0,0201	0,2879		
Белгородская область	0,1101	0,0283	0,0625	0,0869	0,2878		
Чувашская Республика	0,0250	0,1821	0,0570	0,0217	0,2858		
Томская область	0,0456	0,1394	0,0607	0,0370	0,2827		
Курская область	0,0362	0,1709	0,0370	0,0364	0,2805		
Хабаровский край	0,0394	0,1341	0,0668	0,0328	0,2732		
Астраханская область	0,0933	0,1117	0,0231	0,0420	0,2701		
Смоленская область	0,0233	0,1557	0,0562	0,0280	0,2633		
Тверская область	0,0264	0,1186	0,0579	0,0445	0,2475		
Республика Коми	0,1220	0,0984	0,0210	0,0037	0,2451		
Республика Дагестан	0,0060	0,1794	0,0527	0,0053	0,2433		
Калининградская область	0,0223	0,0895	0,0824	0,0417	0,2359		
Ивановская область	0,0198	0,1063	0,0873	0,0174	0,2308		
Мурманская область	0,1067	0,0933	0,0230	0,0067	0,2297		
Костромская область	0,0153	0,1115	0,0403	0,0165	0,1836	0,1<ИП< 0,2	Регионы низкой промышленно-экономической эффективности
Брянская область	0,0219	0,0966	0,0362	0,0275	0,1822		
Республика Крым	0,0125	0,0983	0,0538	0,0144	0,1791		
Республика Марий Эл	0,0134	0,1078	0,0365	0,0142	0,1720		
Новгородская область	0,0332	0,0761	0,0324	0,0265	0,1682		
Амурская область	0,0185	0,0931	0,0411	0,0147	0,1675		
Курганская область	0,0156	0,1061	0,0271	0,0152	0,1640		
Тамбовская область	0,0132	0,0884	0,0276	0,0208	0,1501		
Орловская область	0,0126	0,0914	0,0296	0,0151	0,1487		
Забайкальский край	0,0288	0,0801	0,0139	0,0228	0,1456		
Республика Карелия	0,0251	0,0570	0,0416	0,0192	0,1429		
Ульяновская область	0,0301	0,0193	0,0652	0,0280	0,1426		
Псковская область	0,0090	0,0916	0,0284	0,0120	0,1411		
Республика Мордовия	0,0192	0,0629	0,0204	0,0238	0,1264		
Республика Бурятия	0,0213	0,0518	0,0234	0,0171	0,1136		
Кабардино-Балкарская Республика	0,0033	0,0793	0,0264	0,0039	0,1129		
Республика Хакасия	0,0295	0,0366	0,0203	0,0255	0,1119		
Республика Ингушетия	0,0006	0,0890	0,0093	0,0004	0,0994	0<ИП<0, 1	Регионы с отсталым уровнем промыш-
Чеченская Республика	0,0026	0,0783	0,0106	0,0034	0,0949		
Магаданская область	0,0339	0,0261	0,0153	0,0182	0,0935		
Республика Северная Осетия - Алания	0,0026	0,0615	0,0207	0,0030	0,0877		

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд.3	Инд. 4	Инт.	Оценка	Значение
Камчатский край	0,0063	0,0362	0,0145	0,0149	0,0719		ленно-экономической эффективности
Карачаево-Черкесская Республика	0,0024	0,0369	0,0131	0,0032	0,0555		
г. Севастополь	0,0023	0,0176	0,0184	0,0034	0,0417		
Республика Адыгея	0,0047	0,0195	0,0152	0,0012	0,0407		
Чукотский авт.округ	0,0088	0,0084	0,0005	0,0071	0,0248		
Республика Алтай	0,0000	0,0039	0,0078	0,0012	0,0129		
Республика Калмыкия	0,0014	0,0072	0,0029	0,0009	0,0124		
Республика Тыва	0,0038	0,0000	0,0020	0,0000	0,0058		
Еврейская авт.область	0,0021	0,0022	0,0000	0,0000	0,0044		

По итогам оценки субъекты были проранжированы и объединены в группы:

1. Передовые промышленно-экономические регионы. В данную группу вошли те субъекты, интегральный показатель которых больше или равен единице. Всего в группе 10 регионов, лидером стала Москва. Промышленность и экономика данных субъектов находится на передовом уровне, как в рамках масштабов, так и в области эффективности, задает траекторию и вектор роста для остальных регионов.

2. Регионы высокого промышленно-экономического развития. В данную группу вошли 14 субъектов с интегральным показателем в пределах от 0,5 (включительно) до 1. Регионы второй группы демонстрируют уверенное и стабильное развитие производственного комплекса экономической системы, однако, есть значительный потенциал для повышения эффективности.

3. Регионы умеренной промышленно-экономической эффективности. В данную группу вошли 28 субъектов с интегральным показателем от 0,2 (включительно) до 0,5. Регионы третьей группы имеют довольно посредственные результаты оценки промышленной и экономической деятельности.

4. Регионы низкой промышленно-экономической эффективности. В данную группу вошли 17 субъектов с интегральным показателем в пределах от 0,1 (включительно) до 0,2. Регионы четвертой группы имеют незначительное влияние на промышленно-экономическое развитие государства.

5. Регионы с отсталым уровнем промышленно-экономической эффективности. В данную группу вошли 13 субъектов с интегральным показателем меньше 0,1. Регионы пятой группы имеют критически низкий уровень развития промышленности и экономики. Наиболее низкий уровень эффективности зарегистрирован в Еврейском автономной области.

Далее рассмотрим следующую составляющую комплексного показателя устойчивого развития регионов – уровень социальной обеспеченности. В таблице 2 представлена оценка субъектов Российской Федерации по данному аспекту [15,16].

Таблица 2 – **Оценка социальной обеспеченности регионов России**

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд. 3	Инд. 4	Инд. 5	Инт.	Оценка	Значение
г. Москва	0,0283	0,2366	0,0490	0,0639	0,2218	4,9409	2,0<ИП	Регионы-лидеры по социальной обеспеч.
г. Санкт-Петербург	0,0966	0,2552	0,0221	0,0426	0,0823	2,6328		
Московская область	0,2579	0,2742	0,0250	0,0467	0,1433	2,3746		
Тюменская область	0,3189	0,1921	0,0856	0,1258	0,3018	2,2909		
Краснодарский край	0,1063	0,1280	0,0225	0,0396	0,0912	1,8412	1,0<ИП<2,0	Передовые социально-обеспеч. регионы
Республика Башкортостан	0,2524	0,3288	0,0179	0,0396	0,1382	1,6575		
Свердловская область	0,1115	0,1557	0,0088	0,0193	0,0391	1,6042		
Республика Татарстан	0,1709	0,1909	0,0366	0,0538	0,1751	1,5780		
Самарская область	0,1465	0,2447	0,0189	0,0416	0,2044	1,4268		
Ростовская область	0,9896	0,4924	0,0817	0,3884	0,4225	1,3544		
Челябинская область	0,0914	0,1692	0,0266	0,0284	0,0382	1,3162		
Иркутская область	0,1838	0,2442	0,0261	0,0588	0,1724	1,2323		
Красноярский край	0,1557	0,2159	0,0192	0,0436	0,1445	1,1859		
Нижегородская область	0,0884	0,1176	0,0283	0,0406	0,1679	1,1424		
Новосибирская область	0,1186	0,2343	0,0220	0,0558	0,2593	1,0280		
Воронежская область	0,3095	0,2940	0,0287	0,0588	0,1867	1,0242		
Кемеровская область	0,1752	0,2593	0,0253	0,0629	0,1951	1,0133		
Ленинградская область	0,9409	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0081		
Пермский край	0,0570	0,2663	0,0088	0,0274	0,1211	1,0029		

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд. 3	Инд. 4	Инд. 5	Инт.	Оценка	Значение
Саратовская область	0,0984	0,3672	0,0100	0,0355	0,0736	0,9461	0,5<ИП<1,0	Умеренно социально-обеспеч. регионы
Волгоградская область	0,1922	0,4655	0,0141	0,0588	0,0905	0,8848		
Тульская область	0,2266	0,2955	0,0150	0,0375	0,0699	0,8778		
Ставропольский край	0,0895	0,2767	0,0171	0,0487	0,0936	0,8684		
Республика Саха (Якутия)	0,2454	0,4867	0,0041	0,0710	0,2009	0,8316		
Архангельская область	0,0933	0,4735	0,0059	0,0335	0,0400	0,8211		
Чукотский авт.округ	0,0761	0,2461	0,0075	0,0223	0,0925	0,7774		
Калужская область	0,0916	0,1736	0,0097	0,0162	0,0389	0,7768		
Оренбургская область	0,6761	0,7449	0,3407	0,5152	0,3559	0,7753		
Владимирская область	0,0195	0,1350	0,0151	0,0142	0,1902	0,7470		
Приморский край	0,0072	0,0438	0,0073	0,0091	0,0051	0,7324		
Алтайский край	0,0983	0,1512	0,0324	0,0862	0,2525	0,7238		
Сахалинская область	0,3289	0,2192	0,1009	0,2657	0,9265	0,7237		
Ярославская область	0,1117	0,2179	0,0275	0,0548	0,0780	0,7179		
Удмуртская Республика	0,3134	0,2370	0,0520	0,1095	0,1728	0,7079		
Тверская область	0,3815	0,3124	0,1324	0,1582	0,3698	0,6899		
Рязанская область	0,0176	0,1269	0,0141	0,0223	0,0271	0,6853		
Омская область	0,1794	0,0177	0,0494	0,1278	0,2281	0,6847		
Забайкальский край	0,0890	0,0828	0,0078	0,0213	0,1421	0,6621		
Хабаровский край	0,0793	0,0974	0,0153	0,0375	0,0579	0,6591		
Липецкая область	0,0369	0,0557	0,0109	0,0172	0,0257	0,6560		
Мурманская область	0,0615	0,0000	0,0194	0,0456	0,0848	0,6461		
Вологодская область	0,0783	0,0101	0,0265	0,0487	0,1029	0,6446		
Томская область	0,2953	0,1478	0,0657	0,1268	0,2328	0,6275		
Курская область	0,5588	0,2822	0,0914	0,1785	0,5466	0,6274		
Республика Крым	0,1078	0,1965	0,0150	0,0213	0,0478	0,6206		
Республика Дагестан	0,0629	0,1775	0,0270	0,0385	0,0700	0,6024		
Камчатский край	0,5446	0,3086	0,1445	0,1795	0,4006	0,5996		
Белгородская область	0,2334	0,2366	0,0347	0,0740	0,1291	0,5996		
Чувашская Республика	0,1821	0,1920	0,0347	0,0609	0,1178	0,5875		
Республика Коми	0,3819	0,2756	0,0483	0,1217	0,1753	0,5847		
Кировская область	0,1608	0,2606	0,0225	0,0578	0,0821	0,5838		
Смоленская область	0,4140	0,2474	0,0796	0,1521	0,2492	0,5790		
Пензенская область	0,2109	0,2387	0,0373	0,0842	0,2043	0,5492		
Амурская область	0,1868	0,1531	0,0286	0,0558	0,1249	0,5374		
Калининградская область	0,6398	0,2244	0,0949	0,1572	0,3105	0,5256		
Магаданская область	0,2274	0,2472	0,0684	0,1187	0,2844	0,5065		
Брянская область	0,0193	0,1782	0,0326	0,0487	0,0828	0,4988	0,2<ИП<0,5	Регионы с низким уровнем социальной обеспеч.
Астраханская область	0,1061	0,2023	0,0131	0,0203	0,1006	0,4898		
Республика Карелия	0,7009	0,2968	0,1135	0,1907	0,3024	0,4806		
Новгородская область	1,0000	0,4012	0,0634	0,2343	0,5920	0,4445		
Тамбовская область	0,5421	0,2405	0,0761	0,1450	0,3124	0,4428		
Курганская область	0,0039	0,0730	0,0019	0,0061	0,1081	0,4424		
Республика Марий Эл	0,0000	0,1943	0,0047	0,0132	0,0386	0,3885		
Ивановская область	0,0366	0,2173	0,0069	0,0172	0,0812	0,3876		
Республика Мордовия	0,1964	0,1847	0,0431	0,0943	0,2052	0,3760		
Республика Адыгея	0,3105	0,3956	0,0570	0,1400	0,2828	0,3739		
Ульяновская область	0,2791	0,3396	0,0532	0,1126	0,4478	0,3617		
Республика Хакасия	0,3888	0,2635	0,0361	0,1085	0,2164	0,3592		
Орловская область	0,2859	0,2851	0,0880	0,1623	0,2067	0,3539		
Республика Ингушетия	0,1687	0,2001	0,0592	0,0923	0,1645	0,3430		
Республика Бурятия	0,1394	0,2752	0,0502	0,0639	0,0988	0,3425		
Костромская область	0,0518	0,1454	0,0175	0,0396	0,0883	0,3344		
Псковская область	0,1656	0,4951	0,0180	0,0568	0,0962	0,3300		
Кабардино-Балкарская Республика	0,0801	0,2808	0,0146	0,0477	0,2389	0,2875		

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд. 3	Инд. 4	Инд. 5	Инт.	Оценка	Значение
Чеченская Республика	0,0362	0,5035	0,0038	0,0142	0,0419	0,2665		
Республика Тыва	0,1649	0,3030	0,0375	0,0943	0,1327	0,2508		
Республика Северная Осетия - Алания	0,1341	0,3067	0,0329	0,0669	0,1184	0,2114		
г. Севастополь	0,0931	0,3083	0,0121	0,0396	0,0844	0,2080		
Республика Алтай	0,0261	0,4679	0,0018	0,0041	0,0067	0,1930	ИП<0,2	Регионы с отстающим темпами социальной обеспеч.
Карачаево-Черкесская Республика	0,0421	0,5546	0,0028	0,0294	0,0948	0,1465		
Еврейская авт.область	0,0022	0,1244	0,0019	0,0010	0,0056	0,1351		
Республика Калмыкия	0,0084	0,7690	0,0000	0,0000	0,0000	0,0725		

По итогам оценки социальной обеспеченности регионов России были сформированы 5 следующих групп:

1. Регионы-лидеры по социальной обеспеченности. Эти регионы демонстрируют высокий уровень жизни населения, развитую инфраструктуру и качественное предоставление государственных услуг. Интегральный показатель таких субъектов равен или превышает 2,0 балла. Лидером рейтинга стал г. Москва, помимо которого в первую группу вошли еще три региона.

2. Передовые социально-обеспеченные регионы. Эта группа характеризуется хорошими показателями социальной сферы, однако пока уступает абсолютным лидерам. В данной группе интегральный показатель больше или равен 1,0, но меньше 2,0 баллов. Такому показателю соответствует 15 субъектов.

3. Умеренно социально-обеспеченные регионы. Такие регионы обладают средним уровнем социальной обеспеченности, где элементы социальной инфраструктуры находятся на приемлемом уровне, но нуждаются в дальнейшем развитии. Интегральный показатель третьей группы меньше 1,0, но больше или равен 0,5 баллов. В неё вошли 37 регионов.

4. Регионы с низким уровнем социальной обеспеченности. Это регионы с ограниченными ресурсами и недостаточностью инфраструктуры, нуждающиеся в значительном улучшении условий жизни населения. В данную группу вошли 22 субъекта нашей страны, интегральный показатель которых находится в пределах от 0,2 включительно до 0,5 балла.

5. Регионы с отстающим темпом социальной обеспеченности. Данная категория включает регионы с крайне низкими социальными показателями, где ситуация требует срочных мер государственной поддержки. Интегральный показатель этой группы ниже 0,2 балла. Такой результат продемонстрировали четыре субъекта. Самый низкий показатель зафиксирован у Республики Калмыкия.

Теперь рассмотрим третью составляющую устойчивого развития – экологическую безопасность субъектов. В таблице 3 представлена оценка субъектов Российской Федерации по данному аспекту [15,16].

Таблица 3 – **Оценка экологической безопасности регионов России**

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд. 3	Инд. 4	Инт.	Оценка	Значение
Красноярский край	0,0170	0,1498	0,0052	0,1450	1,8314	1,0<ИП	Регионы – лидеры по экологической обстановке
Республика Ингушетия	0,0534	0,0285	0,0057	0,0219	1,5000		
Свердловская область	0,0388	0,0032	0,0033	0,0369	1,4566		
Республика Алтай	0,0238	0,0160	0,0023	0,0562	1,3083		
Тюменская область	0,1100	0,0008	0,0176	0,0157	0,8699	0,5<ИП<1,0	Регионы с передовым уровнем экологической обстановки
Иркутская область	0,0515	0,0097	0,0041	0,0366	0,6946		
Кемеровская область	0,0671	0,0035	0,0091	0,0243	0,6499		
Республика Калмыкия	0,0544	0,0047	0,0091	0,0757	0,6302		
Кабардино-Балкарская Республика	0,0085	0,1522	0,0045	0,1115	0,6184		
Чеченская Республика	0,0134	0,0457	0,0004	0,2355	0,6024		
Челябинская область	0,1061	0,0024	0,0067	0,0090	0,5681		
г. Москва	0,0341	0,2181	0,0042	0,0351	0,4776	0,2<ИП<0,5	Регионы умеренной экологической обстановки
г. Севастополь	0,0566	0,0114	0,0061	0,0226	0,4568		
Мурманская область	0,0383	0,0017	0,0073	0,0384	0,3899		
Пермский край	0,0489	0,0172	0,0043	0,0441	0,3865		
Краснодарский край	0,0266	0,0592	0,0025	0,0384	0,3858		
Республика Северная Осетия - Алания	0,0285	0,0019	0,0021	0,0811	0,3572		
Приморский край	0,0465	0,0071	0,0004	0,4237	0,3523		

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд. 3	Инд. 4	Инт.	Оценка	Значение
Республика Тыва	0,0210	0,0165	0,0022	0,0402	0,3404		
Республика Саха (Якутия)	0,0075	0,0214	0,0017	0,0666	0,3344		
Республика Татарстан	0,0149	0,0414	0,0012	0,0836	0,3295		
Омская область	0,0070	0,1144	0,0050	0,0825	0,3216		
Белгородская область	0,0989	0,0017	0,0031	0,0287	0,3170		
Магаданская область	0,0116	0,1389	0,0011	0,1401	0,3031		
Московская область	0,0192	0,2504	0,0024	0,1178	0,2951		
Ленинградская область	0,0411	0,0241	0,0143	0,0213	0,2917		
Рязанская область	0,0686	0,0022	0,0088	0,0170	0,2915		
Липецкая область	0,0436	0,0048	0,0003	0,1850	0,2767		
Чукотский авт.округ	0,1569	0,0004	0,0130	0,0052	0,2627		
Республика Башкортостан	0,5995	0,0000	0,0273	0,0034	0,2618		
Республика Дагестан	0,0589	0,0122	0,0023	0,0435	0,2569		
Пензенская область	0,0071	0,1438	0,0088	0,2261	0,2493		
г. Санкт-Петербург	0,0288	0,0016	0,0035	0,0323	0,2338		
Нижегородская область	0,0163	0,0163	0,0015	0,1012	0,2310		
Карачаево-Черкесская Республика	0,0223	0,0460	0,0031	0,1015	0,2309		
Ульяновская область	0,4279	0,0005	0,0143	0,0141	0,2302		
Новосибирская область	0,2491	0,0015	0,0041	0,0022	0,2296		
Самарская область	1,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,2174		
Республика Бурятия	0,5995	0,0000	0,0120	0,0069	0,2110		
Вологодская область	0,2133	0,0066	0,0068	0,0042	0,2089		
Забайкальский край	0,3325	0,0007	0,0033	0,0206	0,2079		
Республика Мордовия	0,5995	0,0000	0,0000	0,0029	0,2063		
Хабаровский край	0,0291	0,0117	0,0026	0,0443	0,1988	0,1<ИП<0,2	Регионы с низким уровнем экологической обстановки
Еврейская авт.область	0,0055	0,0422	0,0018	0,2123	0,1850		
Республика Адыгея	0,0671	0,0012	0,0100	0,0215	0,1755		
Ростовская область	0,0506	0,0749	0,0600	0,0208	0,1728		
Саратовская область	0,0082	0,0214	0,0015	0,2984	0,1556		
Оренбургская область	0,0191	0,0098	0,0044	0,0594	0,1534		
Алтайский край	0,1143	0,0012	0,0052	0,0176	0,1529		
Ивановская область	0,0093	0,1591	0,0024	0,2157	0,1442		
Курская область	0,0325	0,0168	0,0037	0,0459	0,1440		
Архангельская область	0,0221	0,0152	0,0010	0,1928	0,1411		
Курганская область	0,0070	0,0542	0,0030	0,0892	0,1394		
Чувашская Республика	0,0778	0,1503	0,0031	0,0181	0,1383		
Волгоградская область	0,0123	0,0295	0,0009	0,1747	0,1352		
Калининградская область	0,0206	0,0623	0,0034	0,0694	0,1325		
Тульская область	0,1100	0,0811	0,0034	0,0356	0,1267		
Орловская область	0,1024	0,0052	0,0107	0,0211	0,1242		
Республика Крым	0,0025	1,0000	0,0006	0,4535	0,1169		
Амурская область	0,0001	0,0522	0,0017	0,8160	0,1155		
Тверская область	0,0061	0,2766	0,0012	0,2841	0,1145		
Ярославская область	0,2992	0,0001	1,0000	0,0091	0,1136		
Брянская область	0,2718	0,0008	0,0600	0,0077	0,1094		
Камчатский край	0,0259	0,0274	0,0091	0,0288	0,1088		
Костромская область	0,0156	0,0767	0,0231	0,0376	0,1040		
Томская область	0,0000	0,8304	0,0010	1,0000	0,1031		
Калужская область	0,0027	0,3964	0,0006	0,2949	0,1019		
Новгородская область	0,0009	0,4500	0,0014	0,1976	0,1008		
Республика Марий Эл	0,0139	0,1532	0,0037	0,0588	0,0998	ИП<0,1	Регионы с кризисной экологической обстановкой
Сахалинская область	0,0177	0,2084	0,0024	0,0931	0,0996		
Кировская область	0,0179	0,0109	0,0021	0,0721	0,0990		
Воронежская область	0,0266	0,0768	0,0115	0,0961	0,0984		
Республика Коми	0,0068	0,0490	0,0036	0,2751	0,0972		

Регион	Инд. 1	Инд. 2	Инд. 3	Инд. 4	Инт.	Оценка	Значение
Смоленская область	0,0217	0,1120	0,0045	0,0697	0,0967		
Псковская область	0,0627	0,0005	0,0130	0,0325	0,0967		
Удмуртская Республика	0,0135	0,2540	0,0013	0,0835	0,0927		
Республика Хакасия	0,0197	0,0701	0,0017	0,1074	0,0911		
Ставропольский край	0,0179	0,0554	0,0050	0,0372	0,0877		
Тамбовская область	0,0703	0,0056	0,0214	0,2057	0,0858		
Владимирская область	0,0359	0,0091	0,0111	0,0435	0,0823		
Республика Карелия	0,1490	0,0067	0,0250	0,0043	0,0800		
Астраханская область	0,1490	0,0022	0,1000	0,0115	0,0663		

На основе полученных данных по оценки экологической безопасности регионов, были сформированы следующие группы:

1. Регионы – лидеры по экологической обстановке. Это регионы с высокими показателями чистоты окружающей природной среды, минимального загрязнения и эффективной системой природоохранных мероприятий. Интегральный показатель уровня экологической безопасности субъектов данной группы больше или равен 1,0 баллу. В неё вошли 4 субъекта, а абсолютным лидером стал Красноярский край.

2. Регионы с передовым уровнем экологической обстановки. Данные регионы характеризуются благоприятной экологической обстановкой, хотя уступают абсолютным лидерам. В данной группе оказались 7 субъектов с интегральным показателем в пределах от 0,5 включительно до 1,0 балла.

3. Регионы умеренной экологической обстановки. Субъекты данной категории имеют средний уровень экологической безопасности, демонстрируя тенденцию улучшения ситуации, но ещё требуя дополнительного внимания властей и общества. Интегральный показатель здесь больше или равен 0,2, но ниже 0,5 балла. В данную группу вошли 31 субъект.

4. Регионы с низким уровнем экологической обстановки. Данные регионы сталкиваются с серьезными проблемами загрязнения окружающей природной среды, недостатком «зелёных» зон и высокой концентрацией вредных веществ. Требуется активное вмешательство для снижения негативного воздействия на природу и здоровье населения. 26 регионов данной группы получили значение интегрального показателя от 0,1 включительно до 0,2 балла.

5. Регионы с кризисной экологической обстановкой. Этой категорией обозначены субъекты с катастрофическим состоянием экологической обстановки, характеризующиеся значительным загрязнением всех компонентов экосистемы и отсутствием эффективных мер по улучшению ситуации. Интегральный показатель данной группы меньше 0,1 балла. Сюда вошли 14 субъектов нашей страны. Наименьшее значение показателя продемонстрировала Астраханская область.

Теперь рассмотрим полученный комплексный показатель уровня устойчивого развития регионов нашей страны. В таблице 4 представлена советующая оценка.

Таблица 4 – **Оценка уровня устойчивого развития регионов России**

Регион	Комплексный показатель уровня устойчивого развития региона	Оценка	Значение
г. Москва	14,2083	КП>5,0	Регионы-лидеры по уровню устойчивого развития
Московская область	6,8844		
г. Санкт-Петербург	5,9914		
Тюменская область	5,9137		
Свердловская область	5,2715		
Республика Татарстан	5,1953		
Красноярский край	4,3682	2,0<КП<5,0	Регионы с передовым уровнем устойчивого развития
Республика Башкортостан	3,6811		
Челябинская область	3,6393		
Краснодарский край	3,4060		
Самарская область	3,3998		
Нижегородская область	3,2175		
Иркутская область	2,8377		
Кемеровская область	2,7200		
Ростовская область	2,6989		
Пермский край	2,6171		

Регион	Комплексный показатель уровня устойчивого развития региона	Оценка	Значение
Новосибирская область	2,4080		
Ленинградская область	2,2885		
Воронежская область	2,0040		
Республика Ингушетия	1,9920	1,0<КП<2,0	Умеренно-устойчивые регионы
Тульская область	1,8928		
Республика Саха (Якутия)	1,8569		
Калужская область	1,7253		
Оренбургская область	1,6824		
Волгоградская область	1,6763		
Ставропольский край	1,6761		
Саратовская область	1,6710		
Владимирская область	1,6008		
Архангельская область	1,5744		
Республика Алтай	1,5437		
Приморский край	1,5291		
Омская область	1,4783		
Рязанская область	1,4589		
Удмуртская Республика	1,4515		
Белгородская область	1,4413		
Вологодская область	1,4341		
Липецкая область	1,4264		
Ярославская область	1,3944		
Алтайский край	1,3775		
Мурманская область	1,3593		
Хабаровский край	1,3096		
Республика Дагестан	1,2961		
Сахалинская область	1,2650		
Пензенская область	1,2481		
Томская область	1,2450		
Тверская область	1,1951		
Курская область	1,1288		
Чувашская Республика	1,1257		
Кабардино-Балкарская Республика	1,0890		
Чукотский авт.округ	1,0804		
Чеченская Республика	1,0778		
Кировская область	1,0690		
Забайкальский край	1,0631		
Смоленская область	1,0286		
Калининградская область	0,9921	0,5<КП<1,0	Регионы с низким уровнем устойчивого развития
Республика Коми	0,9869		
Республика Крым	0,9502		
Ульяновская область	0,9374		
Магаданская область	0,9225		
Астраханская область	0,9029		
Брянская область	0,8975		
Ивановская область	0,8922		
Республика Мордовия	0,8632		
Амурская область	0,8422		
Курганская область	0,8412		
Камчатский край	0,8394		
Новгородская область	0,8053		
Республика Карелия	0,7829		
Тамбовская область	0,7770		
Республика Бурятия	0,7518		
Республика Калмыкия	0,7281		
г. Севастополь	0,7257		

Регион	Комплексный показатель уровня устойчивого развития региона	Оценка	Значение
Республика Северная Осетия - Алания	0,7016		
Республика Марий Эл	0,6825		
Орловская область	0,6668		
Республика Тыва	0,6474		
Костромская область	0,6337		
Республика Адыгея	0,6156		
Псковская область	0,5930		
Республика Хакасия	0,5792		
Карачаево-Черкесская Республика	0,4674	КП<0,5	Регионы с критическим уровнем устойчивого развития

Итоговый комплексный показатель уровня устойчивого развития регионов разделил субъекты на следующие группы:

1. Регионы-лидеры по уровню устойчивого развития. Эти регионы отличаются стабильно высоким экономическим ростом, качественной инфраструктурой, благоприятной экологической ситуацией и эффективным управлением общественными процессами. Они обеспечивают гармоничное сочетание экономического благополучия, социальной стабильности и защиты окружающей природной среды. Комплексный показатель данной группы больше или равен 5 баллам. В группу вошли 6 наиболее развитых субъектов, а абсолютным лидером стал г. Москва, который продемонстрировал значительный отрыв.

2. Регионы с передовым уровнем устойчивого развития. Представители данной группы также показывают хорошие результаты в области устойчивого развития, хотя уступают абсолютным лидерам. Для них характерны сбалансированное экономическое развитие, относительно высокая степень благоустройства территорий и качество предоставляемых населению общественных услуг. Однако они испытывают некоторые трудности в достижении полной устойчивости из-за ограниченных возможностей в отдельных сферах. 13 субъектов получили значения комплексного показателя от 2,0 включительно до 5,0 баллов.

3. Умеренно-устойчивые регионы. К ним относятся субъекты, чьи достижения в сфере устойчивого развития остаются средними. Их отличительной чертой является отсутствие серьезных проблем в ключевых областях устойчивого развития, однако, значительные резервы для дальнейшего прогресса имеются практически во всех направлениях. Несмотря на существующие недостатки, такие регионы постепенно улучшают ситуацию, внедряя новые технологии и методы управления. В данную группу вошли 35 субъектов нашей страны, комплексный показатель которых составил от 1,0 включительно до 2,0 баллов.

4. Регионы с низким уровнем устойчивого развития. Субъекты этой группы сталкиваются с рядом существенных трудностей, препятствующих стабильному развитию. Среди основных проблем — слаборазвитая экономика, низкая эффективность государственного управления, существенное загрязнение окружающей среды и невысокий уровень жизни населения. Несмотря на попытки местных властей решить проблемы, достичь желаемого результата удается далеко не сразу. В данной группе комплексный показатель больше или равен 0,5, но меньше 1,0 балла. В неё вошли 26 субъектов Российской Федерации.

5. Регионы с критическим уровнем устойчивого развития. Представленные в этой группе субъекты являются наименее устойчивыми и находятся в кризисной ситуации. Им присущи серьезные экономические, социальные и экологические проблемы, преодолеть которые самостоятельно чрезвычайно сложно. Необходимость масштабных инвестиций и квалифицированной помощи извне становится очевидной необходимостью для восстановления нормального функционирования системы жизнеобеспечения и перехода к пути устойчивого развития. В эту группу вошли всего 2 субъекта с комплексным показателем менее 0,5 балла. Наименьшее значение уровня устойчивого развития получила Еврейская автономная область.

В таблице 5 представлены средние значения рассмотренных интегральных и комплексного показателей среди всех субъектов нашей страны. Эти данные помогут определить уровень устойчивого развития каждого отдельного региона относительно общероссийских показателей с целью идентификации проблемных областей.

Таблица 5 – **Усредненные значения показателей уровня устойчивого развития по РФ**

Показатель	Среднее значение по России	Оценка
Уровень промышленно-экономической эффективности	0,4776	Умеренный уровень
Уровень социальной обеспеченности	0,7993	Умеренный уровень
Уровень экологической безопасности	0,3007	Умеренный уровень
Уровень устойчивого развития	1,8727	Умеренный уровень

Исходя из данных таблицы, можно сказать, что в среднем по России все показатели находятся на умеренном или среднем уровне, это говорит о том, что концепция устойчивого развития внедряется недостаточно эффективно в масштабах нашей страны и нуждается в более значимой поддержке и мониторинге.

Для повышения уровня устойчивого развития регионов Российской Федерации и всей страны в целом необходим ряд инструментов, которые будут влиять на интегральные показатели каждой составляющей.

Повышение промышленно-экономической эффективности должно базироваться на трех ключевых составляющих:

1. Кадры. Наблюдается острая нехватка высококвалифицированных специалистов и рабочих кадров, особенно в отдаленных регионах. Требуется реализация государственных программ перераспределения и профессионального обучения трудоресурсов, поддержка научных исследований и усиление молодежной занятости.

2. Предприятия. Преобладают изношенная инфраструктура и дефицит инвестиций, препятствующие росту производительности труда [4]. Нужно ускорить цифровизацию и внедрение современных технологий, реформировать корпоративную структуру организаций, развивать инновационное сотрудничество и поддержку коммерциализации научных разработок.

3. Товары и услуги. Ключевыми задачами здесь являются импортозамещение, сертификация продукции, развитие отечественных брендов и оптимизация логистики. Важна активация маркетинговых усилий и внедрение высокотехнологичных решений для увеличения доступности и привлекательности национальных товаров и услуг.

В области социальной обеспеченности были выделены следующие ключевые области [10]:

1. Качество жизни населения. В регионах Российской Федерации имеется значительная асимметрия в показателях уровня жизни населения, что требует усиления жилищной и коммунальной инфраструктуры, строительства доступного жилья, благоустройства территорий и поддержки малого бизнеса для снижения безработицы.

2. Образование. Необходимы меры по повышению качества образования, оснащению школ современным оборудованием, поддержке педагогов, увеличению бюджетных мест в вузах и созданию образовательных программ дистанционного формата, а также непрерывного профессионального развития специалистов.

3. Здравоохранение. Требуется повысить доступность медицинской помощи в регионах путём модернизации инфраструктуры здравоохранения, установки современного оборудования, открытия новых медицинских учреждений и привлечения специалистов.

4. Культурно-туристическая инфраструктура. Внутренний туризм нуждается в развитии региональной инфраструктуры, реставрации культурных памятников, популяризации народных промыслов и увеличении спортивных объектов для укрепления здоровья нации.

В рамках экологической безопасности ключевыми направлениями стали [6]:

1. Сокращение выбросов в атмосферу. Данное направление предполагает установку очистительного оборудования на предприятиях, переход на альтернативные виды топлива (газ, электричество), ограничение движения автотранспорта с дизельными двигателями внутри населенных пунктов, развитие электрического транспорта и велосипедной инфраструктуры, а также широкое применение возобновляемой энергетики (солнечных панелей, ветрогенераторов). Все эти меры направлены на значительное уменьшение объемов вредных выбросов в воздух, что улучшает экологическую обстановку и повышает качество жизни населения. Однако, нашей стране намного выгоднее использовать традиционные источники энергии, так как они более доступные и дешевые, что ставит перед задачей снижения выбросов в атмосферу масштабные барьеры.

2. Сокращение сбросов сточных вод. Здесь акцент делается на оснащении предприятий системами глубокой очистки сточных вод, строительстве современных систем водоснабжения и водоотведения, переводе сельского хозяйства на органические удобрения и рациональные методы полива, введении жесткого контроля за

сбросами загрязнителей в водоемы, а также повторном использовании очищенных стоков для хозяйственных целей. Цель – минимизировать нагрузку на гидроресурсы и сохранить экосистемы и биоразнообразие водоемов.

3. Снижение экологических рисков. Это направление предусматривает мониторинг окружающей среды с помощью передовых технологий, внедрение обязательных норм экологической безопасности на потенциально опасных предприятиях, организацию оперативных аварийных служб для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, плановую утилизацию токсичных отходов и переработку мусора, а также просветительную работу среди населения и организаций по охране природы. Всё вместе обеспечивает предупреждение и минимизацию возможных угроз окружающей природной среде и здоровью человека.

Таким образом, был проанализирован уровень устойчивого развития Российской Федерации в целом и её регионов в частности. На данный момент в нашей стране недостаточно активно и повсеместно внедряют исследуемую концепцию, что снижает эффективность функционирования всей государственной экономики [11]. Использование предложенных инструментов в отстающих регионах будет способствовать значительному ускорению процесса повышения уровня устойчивого развития и его качества.

Также значимой проблемой остается влияние промышленности на экологическую обстановку в нашей стране [11]. Как видно из анализа, регионы-лидеры по промышленно-экономическим показателям значительно уступают другим субъектам в оценке экологической безопасности. Необходимо найти баланс развития между всеми аспектами концепции, чтобы действительно построить стабильное и процветающее будущее для наших поколений.

Литература

1. Белов В.И. Оценка устойчивого развития регионов России // Общество: политика, экономика, право. 2024. №1. – С. 84-89.
2. Вакуленко О.С., Грачев С.А. Устойчивое развитие регионов России: оценка, анализ // НК. 2022. №2. – С. 18-33.
3. Егорова Н.Н., Руденко Л.Г. Система индикаторов устойчивого развития промышленного региона // Известия ВУЗов ЭФиУП. 2022. №4 (54). – С. 63-72.
4. Ершов Д.Н., Мидлер Е.А., Раков И.Д. Рейтинги устойчивого развития как инструмент оценки социально-экономических трансформаций в регионах РФ // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2022. №4. – С. 698-719.
5. Ибрагимова З.А. Фундаментальные принципы устойчивого развития региона // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2024. №1. – С. 99-108.
6. Каранина Е.В., Картавых К.Е. Экологические аспекты устойчивого развития региона // Проблемы анализа риска. 2023. №1. – С. 26-35.
7. Коршунов И.В. Устойчивое развитие в стратегиях регионов: выбираемые подходы и решения // Экономика региона. 2023. №1. – С. 15-28.
8. Купрякова, А.В. Оценка промышленного развития регионов Российской Федерации / А. В. Купрякова // В сборнике: Новые вызовы цифровизации в стратегическом развитии регионов. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Владимир. – 2024. – С. 268-273.
9. Миронова О.А., Цой Р.А. К вопросу о методике анализа устойчивости развития региона // Вестник РГЭУ РИНХ. 2022. №1 (77). – С. 39-45.
10. Муслимова С.Ю. Устойчивое развитие региона // Журнал прикладных исследований. 2022. №6. – С. 44-48.
11. Пилова Ф.И. Проблемы устойчивого развития экономики региона // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. №2 (32). – С. 132-136.
12. Руденко Л.Г., Егорова Н.Н. Методологический подход к оценке уровня устойчивого развития регионов // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2022. №4 (43). – С. 62-72.
13. Удовик Е.Э. Устойчивое развитие региона // Структурная и технологическая трансформация России: проблемы и перспективы. От плана ГОЭЛРО до наших дней. 2021. №1. – С. 60-65.
14. Экономико-статистическая оценка резервов в территориально организованных системах / А. И. Демина, О. П. Мамченко, Ю. И. Растова, Л. А. Филиппов. - Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 2003. - 268с.
15. Инвестиционная карта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://invest.gov.ru/ (Дата обращения 15.05.2025).
16. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/ (Дата обращения 15.05.2025).

УДК 339.92

РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИК СТРАН ЕАЭС В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАЦИИ

А.В. Харламов[1], В.Е. Черевко[2], М.А. Бережных[3]

Санкт-Петербургский государственный экономический университет (*СПбГЭУ*),
Россия, 191023, *Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д.* 30-32*, лит. А*.

Актуальность укрепления конкурентоспособности экономик ЕАЭС определяется усилением конкуренции и потребностью в ускорении роста. Исследование выявляет барьеры, точки роста и предлагает страновые рекомендации с учётом глубины интеграции каждой экономики в регионе.

Ключевые слова: ЕАЭС, конкурентоспособность, барьеры, интеграция, цифровизация, промышленная кооперация, устойчивость.

DEVELOPMENT OF THE EAEU COUNTRIES' ECONOMIES IN THE CONDITIONS OF INTEGRATION

A.V. Kharlamov, V.E. Cherevko, M.A. Berezhnykh
St. Petersburg State University of Economics (*SPbGEU*),
Russia, 191023, *St. Petersburg, nab. Griboyedov Canal*, 30-32, *letter A*

The urgency of strengthening the competitiveness of the EAEU economies is determined by increased competition and the need to accelerate growth. The study identifies barriers, growth points, and offers country recommendations based on the depth of integration of each economy in the region.

Keywords: EAEU, competitiveness, barriers, integration, digitalization, industrial cooperation, sustainability.

Актуальность

Актуальность исследования конкурентоспособности стран Евразийского экономического Актуальность исследования конкурентоспособности стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС) обусловлена стратегической значимостью евразийской интеграции в условиях конкуренции и внешних вызовов [1; 2; 3]. ЕАЭС, объединяющий экономики России, Казахстана, Беларуси, Кыргызстана и Армении, остаётся интеграционным объединением. Повышение конкурентоспособности государств-членов необходимо для устойчивого роста, диверсификации хозяйств и включения в производственные и торговые цепочки. За десятилетие существования Союза его совокупный ВВП увеличился с 1,6 до 2,5 трлн долл. [4], а в 2023-2024 гг. темпы роста превышали среднемировые: в 2023 г. ВВП ЕАЭС вырос на 3,8% при глобальном показателе 3,2%, в 2024 г. рост составил 4,0% [5]. Вместе с тем сохраняются системные ограничения, препятствующие повышению конкурентоспособности Союза. Анализ литературы показывает, что интеграционный потенциал реализован частично: сохраняются изъятия и ограничения во взаимной торговле, препятствующие свободному движению товаров, услуг, капитала и рабочей силы [6]. Эти барьеры, а также ограниченность внутреннего рынка и недостаточная согласованность экономической политики тормозят формирование общих рынков [7; 8]. Ряд работ фиксирует дисбаланс между Россией и другими участниками по уровню инновационного развития: Россия выступает региональным лидером по научно-технологическому потенциалу, тогда как Кыргызстан существенно отстаёт [9]. Эмпирические исследования подтверждают положительное влияние интеграции на рост: создание Таможенного союза и последующее формирование ЕАЭС обеспечили увеличение взаимной торговли на 27,7% в первые пять лет [8]. В стратегических документах Союза поставлена цель трансформации ЕАЭС к 2045 г. в гармонично развитый макрорегион; к 2030 г. необходимо обеспечить полноценное функционирование общих рынков, углубить координацию экономической политики и усилить роль ЕАЭС как полюса экономического притяжения [10]. Сохраняется исследовательский пробел: отсутствует комплексная система дифференцированных рекомендаций для стран Союза с учётом их

EDN XCHDHX

[1]*Харламов Андрей Викторович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедры общей экономической теории и истории экономической мысли, тел.:* +7(911)951-20-53*, e-mail: Kharlamov_2000@list.ru, ORCID* 0000-0002-4644-9351;

[2]*Валерий Евгеньевич Черевко – студент факультета экономики, финансов и информационных технологий, тел.:* +7(993)078-03-09*, e-mail: valcherev@list.ru;*

[3]*Михаил Алексеевич Бережных – студент факультета экономики, финансов и информационных технологий, тел.:* +7 (995) 600-85-86*, e-mail: mikhailber@list.ru.*

экономического веса и национальных приоритетов развития.

Настоящее исследование направлено на восполнение указанного пробела. Его научная значимость состоит в рассмотрении конкурентоспособности стран ЕАЭС сквозь интеграционную призму, а практическая – в формулировке адресных рекомендаций для органов ЕАЭС и национальных правительств.

Гипотеза

Повышение конкурентоспособности стран Евразийского экономического союза возможно при целенаправленном устранении институциональных и инфраструктурных барьеров и эффективном использовании «точек роста» национальных экономик. Предполагается, что гармонизация норм и правил, развитие транспортно-логистической и энергетической инфраструктуры, цифровизация торговых и таможенных процедур, координация макроэкономической политики и поддержка человеческого капитала будут способствовать укреплению конкурентных позиций ЕАЭС на мировой арене. Принципиальное значение имеет дифференцированный характер таких мер: интеграция будет наиболее результативной при лидирующей роли России как крупнейшей экономики и локомотива роста, активном участии Казахстана и Беларуси в формировании производственных и финансовых цепочек, а также при раскрытии потенциала Армении и Кыргызстана через союзные механизмы поддержки, инвестиционные программы и доступ к общим рынкам. Гипотеза считается эмпирически подтверждённой, если сопоставительный анализ фиксирует рост взаимной торговли и кооперационных проектов, сокращение значимых барьеров, снижение логистических издержек и сроков, развитие цифровых сервисов и улучшение позиций стран в международных рейтингах делового климата и инноваций. Данный подход опирается на сравнительный анализ и официальную статистику и корректен для применяемой методологии без сложных эконометрических процедур.

Методы. Для достижения цели – выявления проблем и «точек роста» конкурентоспособности стран ЕАЭС и разработки практических рекомендаций – применён комплексный методологический подход, сочетающий количественные и качественные инструменты анализа. Во-первых, использован метод сравнительного социально-экономического анализа, в рамках которого сопоставлены темпы экономического роста, структура и динамика экспорта и взаимной торговли, показатели внешнеэкономической переориентации, объёмы прямых иностранных инвестиций, производительность труда и позиции стран в международных рейтингах делового климата и инновационного развития. Источниками данных выступили официальная статистика Евразийской экономической комиссии и национальных органов, отчёты Евразийского банка развития и адаптированные международные индикаторы. Во-вторых, проведён контент-анализ нормативно-правовой базы ЕАЭС и аналитических документов ЕЭК, прежде всего «Стратегических направлений развития евразийской экономической интеграции до 2025 года», «Декларации о дальнейшем развитии экономических процессов в рамках ЕАЭС до 2030 г. и на период до 2045 г. «Евразийский экономический путь», а также ежегодных докладов ЕЭК [6; 10]. Это позволило зафиксировать институциональные барьеры и оценить согласованность политики государств-членов. В-третьих, использован кейс-метод, основанный на изучении примеров цифровых сервисов, инфраструктурных и энергетических проектов, а также программ поддержки малого и среднего бизнеса. Сочетание указанных методов обеспечивает целостную оценку проблем и возможностей повышения конкурентоспособности стран ЕАЭС и позволяет сформулировать научно обоснованные рекомендации.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим барьеры на пути роста конкурентоспособности. Проведённый анализ позволяет выделить четыре ключевые группы системных ограничений, препятствующих повышению конкурентоспособности национальных экономик ЕАЭС: институциональные, инфраструктурные, макроэкономические и связанные с развитием человеческого капитала (см. табл. 1).

Как видно из таблицы 1, ограничения носят не изолированный, а кумулятивный характер: институциональные разрывы усиливают инфраструктурные издержки, последние ограничивают инвестиционную активность, а макроэкономическая и технологическая неоднородность воспроизводит дефициты человеческого капитала.

Далее рассмотрим каждый из барьеров подробнее.

А. Институциональные барьеры и незавершённость формирования общих рынков. Несмотря на очевидный прогресс интеграционных процессов (так, по итогам 2024 г. доля взаимной торговли во внешнем торговом обороте Союза достигла порядка 20%, что является максимальным показателем с момента его создания), полноценное пространство без барьеров для движения товаров, услуг и инвестиций пока не сформировано. Внутри Союза сохраняются нетарифные ограничения и изъятия, препятству-

ющие полному раскрытию преимуществ специализации государств [6]. Существенной проблемой остаётся качество институтов: несовершенство нормативной базы, разночтения в применении технических регламентов и отсутствие полного единства стандартов порождают дополнительные транзакционные издержки и снижают привлекательность интеграционного пространства для бизнеса. Хотя за прошедшие годы была проведена значительная работа по гармонизации норм и регламентов, единое правовое поле в ЕАЭС остаётся в стадии формирования. Замедление интеграционных процессов связано также с недостаточной вовлечённостью деловых кругов: бизнес-сообщество зачастую ограниченно участвует в инициативах Союза, что указывает на необходимость совершенствования условий ведения предпринимательской деятельности и стимулирования более активного участия частного сектора в интеграционных проектах.

Таблица 1 – **Системные барьеры повышения конкурентоспособности стран ЕАЭС** (составлена авторами на основе [6; 10; 11])

Группа барьеров	Ключевые проявления	Как снижается конкурентоспособность
Институциональные	Изъятия и ограничения во взаимной торговле; неполная гармонизация норм; разночтения в применении техрегламентов	Рост транзакционных издержек; снижение предсказуемости регулирования; замедление формирования общих рынков
Инфраструктурные	Узкие места транспортной сети; несогласованность коридоров; фрагментарность таможенных процедур	Удлинение логистических циклов; рост себестоимости; снижение скорости внутрисоюзного обмена
Макроэкономические	Низкие инвестиции; сырьевая ориентация; внешнеторговые дисбалансы; различия монетарной политики	Рост зависимости от внешней конъюнктуры; ограничение ресурсов модернизации; снижение инвестиционной привлекательности
Человеческий капитал и инновации	Низкие расходы на НИОКР; слабая коммерциализация технологий; дефицит кадров	Замедление роста производительности; технологическое отставание; ухудшение долгосрочного потенциала роста

Динамика доли взаимной торговли во внешнеторговом обороте Союза позволяет количественно оценить, насколько углубление интеграции имеет реальное экономическое выражение (см. рис. 1).

Рисунок 1 показывает, что к 2023 г. интеграционная ёмкость внутреннего рынка ЕАЭС заметно возросла. После колебаний 2020-2022 гг. доля взаимной торговли поднялась до 18,6%, а доля взаимного экспорта – до 16,2%, что подтверждает поступательное углубление внутрисоюзных хозяйственных связей.

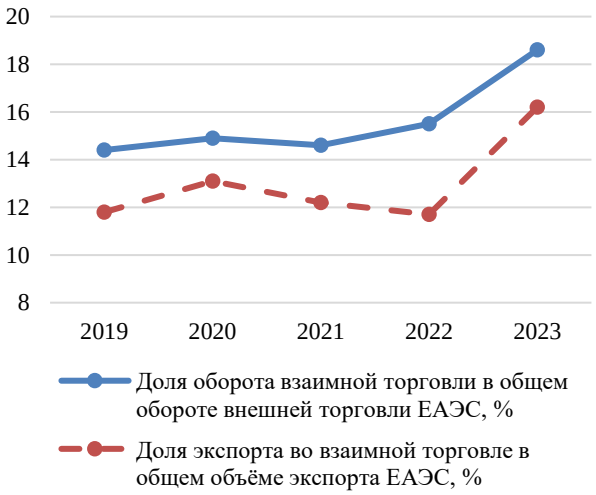

Рисунок 1 – **Динамика доли взаимной торговли во внешней торговле ЕАЭС в 2019-2023 гг., %** (составлен авторами на основе [6; 11])

Б. Инфраструктурные ограничения и логистические проблемы. Инфраструктурное развитие является фундаментом конкурентоспособности, однако в странах ЕАЭС сохраняется целый ряд системных диспропорций. Транспортно-логистическая связность внутри Союза пока недостаточна: ограниченная пропускная способность отдельных пограничных переходов, отсутствие скоординированных программ по развитию транзитных коридоров препятствуют формированию полноценной единой транспортной системы. По оценкам ЕЭК, устранение подобных узких мест и реализация масштабных проектов, таких как международный транспортный коридор «Север-Юг», способны обеспечить значительный экономический эффект [6]. Вместе с тем логистика и таможенное администрирование по-прежнему характеризуются высокой фрагментарностью. Различия в таможенных процедурах и недостаточная интеграция информационных систем отслеживания грузов приводят к задержкам на границах, увеличению времени доставки и росту издержек для бизнеса. Наряду с транспортной сферой выявляются и энергетические диспропорции, а также различия в уровне цифрового развития. Россия и

Казахстан демонстрируют относительно высокий уровень развития широкополосного доступа и цифровых платформ, тогда как Кыргызстан и Армения сталкиваются с технологическим отставанием, ограничивающим внедрение современных инноваций [9; 12]. Недостаточность цифровой инфраструктуры, в частности низкий уровень развития интернет-сервисов и платформенной экономики, препятствует становлению электронной торговли и инновационного предпринимательства.

В. Макроэкономические вызовы и структурные дисбалансы. Экономики ЕАЭС различаются по структуре, масштабу и уровню развития, однако сталкиваются с общими макроэкономическими вызовами. Ключевым из них остаётся низкий уровень инвестиций в основной капитал, ограничивающий модернизацию производства и внедрение новых технологий. Внутренние источники финансирования во многих странах недостаточны, а приток прямых иностранных инвестиций остаётся умеренным вследствие санкционного давления и высоким страновым риском. Дополнительным ограничением выступают фискальные барьеры: значительная социальная нагрузка на бюджеты сужает возможности стимулирующей политики. Расширение бюджетного пространства за счёт сокращения теневой экономики и повышения собираемости налогов могло бы повысить устойчивость национальных экономик к шокам [6]. Вторым системным вызовом являются сырьевая ориентация и внешнеторговые дисбалансы. Экспорт России, Казахстана и Кыргызстана во многом зависит от нефти, газа и металлов, что усиливает уязвимость к мировым ценовым колебаниям и отражает слабое развитие производств с высокой добавленной стоимостью. Несмотря на меры по поддержанию стабильности, включая расчёты в национальных валютах, различия в монетарной политике и инфляционной динамике сохраняются [6]. Существенным ограничением остаётся и отсутствие единого финансового пространства: фрагментарность финансовой архитектуры снижает инвестиционную привлекательность региона. По российским данным, которые в силу масштаба экономики и веса во внешнем секторе во многом определяют совокупную устойчивость Союза, эти изменения проявляются особенно отчётливо: данные Федеральной таможенной службы России (ФТС РФ) фиксируют устойчивый географический разворот внешней торговли от европейского к азиатскому направлению.

Таблица 2 – **Изменение географии российской внешней торговли: доля Европы и Азии в экспорте и импорте, 2022-2025 гг.** (составлена авторами на основе [13])

Год	Европа в экспорте, %	Азия в экспорте, %	Европа в импорте, %	Азия в импорте, %
2022	44,8	49,0	35,1	56,9
2023	20,2	72,0	27,5	65,8
2024	15,8	75,9	25,8	67,6
2025	13,7	77,9	25,9	66,6

Таблица 2 показывает, что за 2022-2025 гг. доля Европы в российском экспорте снизилась с 44,8 до 13,7%, тогда как доля Азии выросла с 49,0 до 77,9%. В импорте сдвиг был менее резким, однако также устойчивым: азиатское направление закрепилось как доминирующее, а европейское сохранило лишь существенно сокращённую долю.

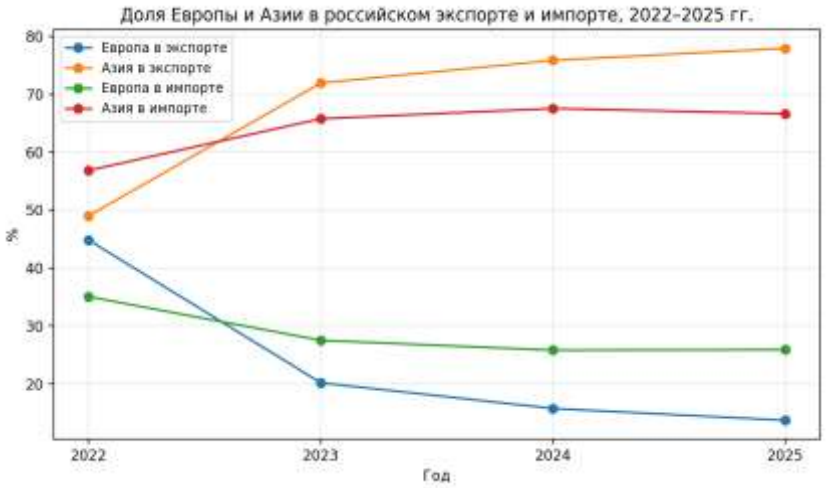

Рисунок 2 – **Доля Европы и Азии в российском экспорте и импорте, 2022-2025 гг.** (составлен авторами на основе [13])

Для наглядного представления скорости и масштаба географической переориентации внешних потоков целесообразно визуализировать выявленный структурный сдвиг (см. рис. 2).

Рисунок 2 подтверждает, что изменение носит не конъюнктурный, а устойчивый характер. В контексте статьи это означает, что конкурентоспособность ЕАЭС всё в большей степени связана с восточным вектором торговли, логистики и производственной кооперации.

Не менее важен и товарный состав российской внешней торговли, поскольку именно он позволяет оценить глубину структурной перестройки и пределы перехода к продукции с более высокой добавленной стоимостью (см. табл. 3).

Таблица 3 – **Товарная структура российской внешней торговли, 2024-2025 гг., % к итогу** (составлена авторами на основе [14])

Товарная группа	Экспорт 2024, %	Экспорт 2025, %	Импорт 2024, %	Импорт 2025, %
Продовольствие и сельскохозяйственное сырьё	9,8	9,8	13,3	15,5
Минеральные продукты	60,9	53,9	1,6	1,5
Химическая продукция и каучук	6,4	8,0	18,9	19,9
Кожевенное сырьё и изделия	0,0	0,1	0,4	0,4
Древесина и целлюлозно-бумажные изделия	2,3	2,5	1,1	1,1
Текстиль, текстильные изделия и обувь	0,5	0,8	6,4	6,6
Металлы и изделия из них	14,7	17,9	6,3	6,3
68-70, 84-97 – Машины, оборудование и транспортные средства и другие товары	5,4	7,1	51,9	48,6

Таблица 3 подтверждает сохранение выраженного сырьевого профиля экспорта России: даже при снижении доля минеральных продуктов в 2025 г. составляла 53,9%. Одновременно в импорте сохранялось доминирование машин, оборудования и транспортных средств, что указывает на сохраняющуюся технологическую зависимость по ряду сегментов. Для логи-ки исследования – это важно, поскольку показывает: расширение интеграции само по себе ещё не означает автоматического перехода к более сложной производственной структуре

Г. Проблемы развития человеческого капитала и инноваций. Долгосрочная конкурентоспособность невозможна без развития человеческого капитала, эффективного рынка труда и инновационного потенциала [15, 16]. В странах ЕАЭС этим направлениям препятствуют слабая институциональная база науки, ограниченное финансирование НИОКР, низкая коммерциализация технологий и недостаточное участие бизнеса в инновациях. Расходы на исследования и разработки в среднем остаются ниже 1% ВВП, что отражается в невысоких позициях государств Союза в глобальных инновационных рейтингах [16; 17]. Существенной проблемой остаётся «утечка умов»: миграция квалифицированных специалистов в Россию частично снижает её кадровые дефициты, но ослабляет потенциал меньших экономик Союза. При этом сохраняются трудности признания квалификаций и обеспечения социальных прав трудовых мигрантов [6]. Дополнительным ограничением выступает несоответствие системы образования потребностям экономики, усиливаемое демографическими рисками. В результате низкая инновационная активность, отток кадров и структурные дисбалансы рынка труда ограничивают способность стран ЕАЭС повышать производительность и формировать долгосрочные конкурентные преимущества. Эти барьеры взаимосвязаны: институциональные недостатки ослабляют инновационную политику, а макроэкономическая нестабильность усиливает уязвимость человеческого капитала. Без их преодоления странам ЕАЭС будет затруднительно укрепить позиции в мировой экономике.

Наряду с проблемами, исследование позволило определить ряд направлений, развитие которых способно стать «точками роста» – источниками ускорения экономического развития и повышения конкурентоспособности стран ЕАЭС. Для более строгого перехода от проблем к решениям рационально представить выявленные точки роста не как разрозненный перечень, а как систему каналов воздействия на конкурентоспособность Союза (см. табл. 4).

Таблица 4 показывает, что точки роста формируют взаимосвязанную систему: цифровизация повышает управляемость логистики, стандартизация снижает институциональные издержки, а промышленная и технологическая кооперация позволяют закреплять эффекты интеграции уже на уровне производства и инноваций. Рассмотрим каждое из них подробнее.

1. Цифровая трансформация и единое цифровое пространство. Цифровая экономика признана одним из приоритетов стратегического развития ЕАЭС; в рамках «Цифровой повестки ЕАЭС» до 2025 г. реализуются проекты по созданию унифицированных цифровых платформ в торговле, транспорте и финансах. В феврале 2023 г. ЕАЭС и КНР согласовали

«дорожную карту» цифровизации транспортных коридоров, предусматривающую обмен данными о грузопотоках, внедрение унифицированных систем отслеживания и электронного документооборота [18; 21].

Таблица 4 – **Точки роста ЕАЭС и каналы их влияния на конкурентоспособность** (составлена авторами на основе [10; 12; 18; 19; 20])

Точка роста	Канал воздействия	Ожидаемый эффект
Цифровая трансформация	Цифровые платформы, электронный документооборот, доверительные сервисы	Снижение транзакционных издержек; ускорение торговли; расширение доступа МСП к рынкам
Транспортно-логистические коридоры	Развитие коридоров «Восток-Запад» и «Север-Юг», сопряжение инфраструктур	Сокращение сроков и стоимости доставки; рост транзитной привлекательности
Общий рынок труда	Мобильность рабочей силы, признание квалификаций, совместные образовательные стандарты	Сглаживание кадровых дисбалансов; повышение производительности
Научно-технологическая кооперация	Совместные НИОКР, сетевые университеты, технопарки, технологические платформы	Ускорение коммерциализации знаний; рост доли высокотехнологичной продукции
Промышленная кооперация	Межстрановые производственные цепочки, субсидирование кооперационных проектов	Импортозамещение; рост добавленной стоимости внутри Союза
Унификация стандартов	Техрегулирование, сертификация, прослеживаемость, единые правила рынка	Снижение нетарифных барьеров; улучшение делового климата; расширение экспорта

Это должно ускорить транзит между Европой и Азией через территорию Союза, снизить логистические издержки и повысить конкурентоспособность евразийских транспортных услуг. Параллельно формируется концепция евразийских цифровых экосистем: интегрированных платформ для электронных торгов, сервисов деловой поддержки, взаимного признания электронной подписи и доверительных сервисов, что направлено на снижение институциональных барьеров и расширение доступа к рынкам [12; 18]. Эти меры открывают малым государствам Союза возможности выхода на новые экспортные ниши, а крупным участникам – предпосылки для более эффективной интеграции в международные цепочки добавленной стоимости. Однако результативность цифровой трансформации зависит не только от создания технических платформ, но и от гармонизации регулирования, совместимости стандартов и надёжной защиты данных. Отдельное значение имеет развитие трансграничной электронной коммерции. Рост межгосударственной e-commerce в ЕАЭС сопровождается работой Комиссии по упрощению таможенных процедур и созданию «единого окна» для интернет-торговли, что должно снизить трансакционные издержки малого и среднего бизнеса и расширить внутренний рынок [12; 18]. Цифровизация государственного управления и бизнеса, включая онлайн-регистрацию и лицензирование, также способна улучшить позиции стран Союза в международных индексах деловой активности. В перспективе формирование общего цифрового пространства данных внутри ЕАЭС может стать его значимым конкурентным преимуществом, однако устойчивый эффект возможен только при согласовании правовых стандартов, инвестиционных механизмов и гарантий кибербезопасности.

2. Развитие инфраструктуры и транспортно-логистических коридоров. Географическое положение ЕАЭС между Европой и Азией создаёт предпосылки для его становления как конкурентоспособного трансконтинентального транзитного узла, поэтому формирование общего транспортно-логистического пространства закреплено среди стратегических задач интеграции [10]. Практически это требует синхронизации национальных инфраструктурных инициатив и их технической совместимости. К ключевым проектам относятся развитие коридоров «Восток–Запад» и «Север-Юг» [6; 22], строительство магистрали Китай-Киргизия-Узбекистан и модернизация казахстанских участков маршрута «Западная Европа – Западный Китай». Хотя Узбекистан не является членом ЕАЭС, сопряжение его транзитных проектов с сетью Союза способно повысить привлекательность евразийского маршрута [23]. Стратегией ЕАЭС предусмотрены формирование общего рынка транспортных услуг и согласованная транспортная политика. Переход к единой транспортно-логистической архитектуре предполагает внедрение «бесшовных технологий» перевозок, цифровое сопровождение транзита и взаимное признание документов. Эти меры

направлены на сокращение логистических издержек и повышение конкурентоспособности евразийских маршрутов, хотя их эффект зависит и от гармонизации регуляторных практик, механизмов финансирования и стандартов безопасности. Интеграция стимулирует и модернизацию внутренней инфраструктуры: Россия увеличивает пропускную способность восточных железнодорожных линий, Казахстан развивает портовые мощности на Каспии, Беларусь совершенствует пункты пропуска с ЕС. Координация этих проектов усиливает пространственную связанность Союза, снижает транспортные издержки и повышает конкурентоспособность экспортной продукции. Тем самым развитие транспортно-логистической инфраструктуры создаёт для ЕАЭС возможность закрепиться в глобальных цепочках создания добавленной стоимости как ключевому хабу между Европой и Азией, обеспечивая экономические выгоды всем участникам интеграции.

3. Общий рынок труда и мобильность человеческого капитала. Развитие общего рынка труда ЕАЭС следует рассматривать как важную точку роста, связанную с накоплением и трансформацией человеческого капитала. Отмена разрешений на работу для граждан Союза и соглашение о пенсионном обеспечении трудящихся уже создали нормативную основу для расширения свободы передвижения рабочей силы [8], однако потенциал этой политики далеко не исчерпан. Улучшение координации на рынках труда позволяет сглаживать дефицит рабочей силы в одних странах и обеспечивать занятость избыточных трудовых ресурсов в других, повышать квалификацию работников через трансграничный обмен опытом и образовательные программы, а также укреплять связи внутри интеграции. Трудовая мобильность в ЕАЭС уже приобрела значительный масштаб: миллионы граждан Кыргызстана, Армении и Беларуси работают в России и Казахстане, внося вклад как в принимающие, так и в отправляющие экономики через денежные переводы и накопление новых навыков [6]. Перспективным инструментом выступает формирование общих цифровых экосистем трудоустройства: единая платформа вакансий и резюме по ЕАЭС могла бы сократить транзакционные издержки и ускорить подбор персонала. Для повышения конкурентоспособности трудовых ресурсов целесообразно развивать академическую и профессиональную мобильность, а также механизмы взаимного признания квалификаций. Одновременно необходимы меры по гармонизации социальной защиты мобильных работников, обеспечению пенсионной и медицинской портируемости и мониторингу влияния мобильности на рынки труда стран-участниц. Укрепление общего рынка труда способно повысить гибкость экономик ЕАЭС, увеличить экономическую активность и стимулировать рост производительности, однако устойчивый эффект возможен только при согласованных политиках в сферах образования, социальной защиты и регулирования миграционных потоков.

4. Научно-технологическое развитие и инновации. Повышение технологической конкурентоспособности рассматривается как стратегическая задача ЕАЭС на ближайшие десятилетия [19]. Коллегия ЕЭК выделила шесть приоритетных направлений научно-технического развития Союза – ИКТ, биотехнологии, фармацевтику и медицину, новые материалы и технологии машиностроения, энергоэффективные и «зелёные» технологии, а также космические и геоинформационные системы. По этим направлениям предполагается реализация кооперационных проектов, способных продемонстрировать практическую отдачу интеграции. Речь идёт не только о консолидации ресурсов, но и о создании институциональных механизмов трансфера знаний и технологий. Так, формирование Евразийского рынка лекарственных средств с унифицированными правилами уже стимулирует запуск совместных производств вакцин и фармацевтических препаратов. Аналогичную функцию должны выполнять Евразийский технопарк, сеть инновационных центров и Евразийский сетевой университет, учреждённый как консорциум вузов стран ЕАЭС для подготовки специалистов по приоритетным направлениям интеграции [19]. Дополнительным инструментом выступает Евразийский фонд технологий и инноваций, ориентированный на совместное финансирование НИОКР. Такой подход особенно важен для малых государств, поскольку позволяет им использовать научно-технологический потенциал лидеров Союза и совместно выводить конкурентоспособные продукты на внешние рынки. Ключевое значение имеет согласование интеграционных инициатив с национальными стратегиями: в России реализуется курс на технологический суверенитет и импортозамещение [15], в Казахстане – стратегия «Цифровой Казахстан», в Армении – приоритетное развитие IT-сектора. Координация этих усилий через евразийские технологические платформы позволяет снижать дублирование и ускорять достижение критической массы инноваций. В этом контексте евразийская интеграция создаёт условия для масштабирования успешных решений, включая адаптацию российских разработок в сфере искусственного интеллекта в других странах Союза, что отражено и в Декларации «Евразийский экономический путь» [6; 10].

5. Углубление промышленной кооперации и создание евразийских производственных цепочек. Промышленная кооперация государств ЕАЭС из одного из исходных смыслов интеграции превращается в приоритетное направление совместной промышленной политики. Сегодня она рассматривается как объект целенаправленного институционального управления и финансовой поддержки. По оценке министра ЕЭК по промышленности Г. Барсегяна, промышленный сектор остаётся ключевым драйвером роста Союза, а механизмы поддержки кооперационных проектов позволяют переводить интеграционные установки в практические результаты [20]. С июня 2024 г. действует пилотный механизм субсидирования процентных ставок по кредитам для совместных производственных проектов; уже одобрены первые инициативы, включая расширение выпуска сельскохозяйственной техники в Казахстане с участием российских и белорусских предприятий [20]. Дополнительно ЕЭК выделила 3 млрд рублей на поддержку таких проектов, а к финансированию привлечены 63 банка и 8 институтов развития из пяти государств Союза [24]. Эти меры формируют основу наднациональной промышленной политики и создают условия для использования комплементарных преимуществ национальных экономик. Кооперация позволяет объединять ресурсы и технологии, выпускать более конкурентоспособную продукцию, замещать импорт из третьих стран и выходить на внешние рынки. Наибольший потенциал сосредоточен в машиностроении, химической промышленности, металлургии и фармацевтике. Характерным примером выступает проект установки российских двигателей на белорусские самосвалы БелАЗ, где интеграция компетенций повышает конкурентоспособность конечной продукции [25]. Стратегические документы ЕЭК также ориентируют Союз на развитие кооперационных цепочек в высокотехнологичных сегментах – микроэлектронике, робототехнике и авиакосмической отрасли. Кооперация позволяет преодолевать ограниченность национальных рынков, расширяет спрос на инновации и усиливает эффект от инвестиций. Позитивная динамика уже прослеживается: в 2023 г. промышленное производство в ЕАЭС выросло на 3,7%, а обрабатывающая промышленность – на 7,4% [25]. Поддержание этого тренда способно укрепить позиции Союза на мировой промышленной карте.

6. Унификация стандартов, техническое регулирование и качественная интеграция рынков. Гармонизация требований и стандартов продукции внутри ЕАЭС является важной точкой роста конкурентоспособности Союза. Унифицированные технические регламенты, заменившие национальные нормы, упрощают масштабирование производства на общесоюзный рынок и снижают издержки сертификации. Стандартизация устраняет технические барьеры в торговле и повышает операционную эффективность; исследования показывают, что влияние общих техрегламентов ЕАЭС на рост торговли превышает эффект дальнейшего снижения таможенных тарифов [26; 27]. Это означает, что при низких тарифах именно нетарифные ограничения становятся главным препятствием интеграции. Единые стандарты одновременно способствуют повышению качества продукции и облегчают её экспорт при соблюдении международных требований. В этой связи соглашения о взаимном признании результатов оценки соответствия, в том числе с Китаем, расширяют доступ товаров ЕАЭС на внешние рынки [21]. Важное значение имеет развитие общих систем сертификации и контроля качества, включая цифровую маркировку и прослеживаемость продукции, что укрепляет доверие как внутри Союза, так и со стороны внешних партнёров. Аналогично унификация стандартов в финансовой сфере повышает устойчивость формирующегося общего финансового рынка и доверие инвесторов. Таким образом, углубление нормативной и стандартов интеграции даёт фундаментальный прирост конкурентоспособности: обеспечивает рост торговли, выравнивает условия ведения бизнеса, повышает прозрачность и предсказуемость регулирования, а в итоге улучшает деловой климат региона и позиции стран ЕАЭС в международных рейтингах.

Рассмотрим рекомендации для повышения конкурентоспособности.

Страновая дифференциация рекомендаций должна опираться не только на качественные характеристики, но и на различия в экономическом весе государств-членов, поскольку именно они определяют асимметрию интеграционных эффектов внутри Союза (см. табл. 5).

Данные таблицы 5 подтверждают, что асимметрия Союза имеет измеримый характер: Россия доминирует по экономическому масштабу, Казахстан занимает роль второго опорного центра, тогда как для Беларуси, Армении и Кыргызстана более реалистична стратегия нишевой специализации внутри общего рынка [6; 11].

Для полноты анализа построим график структуры совокупного ВВП ЕАЭС по странам (см. рис. 3).

Таблица 5 – **Страны ЕАЭС: экономический вес и приоритет интеграционных мер (2023 г.)** (составлена авторами на основе [11])

Страна	ВВП, млн долл. США	Доля в совокупном ВВП ЕАЭС, %	Прирост реального ВВП в 2023 г., %
Россия	2 033 408	84,51	3,6
Казахстан	262 558	10,91	5,1
Беларусь	72 033	2,99	3,9
Армения	24 086	1,00	8,3
Кыргызстан	13 987	0,58	6,2

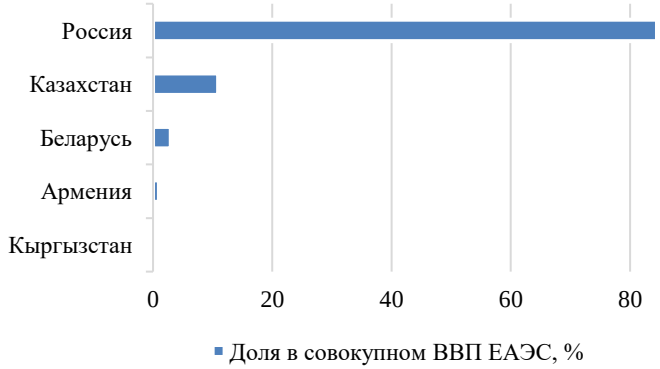

Рисунок 3 – **Структура совокупного ВВП ЕАЭС по странам в 2023 г., %** (составлен авторами на основе [11])

Рисунок 3 наглядно фиксирует высокую асимметрию Союза: Россия формирует более четырёх пятых его совокупного ВВП, Казахстан – около одной девятой, а остальные участники занимают существенно меньшие доли. Следовательно, симметричная модель интеграционной политики здесь была бы методологически слабой.

Рассмотрим каждую из стран-участниц отдельно:

- **Россия:** Являясь центральным экономическим ядром ЕАЭС, на долю которого приходится свыше 80% совокупного ВВП Союза [6], Российская Федерация выполняет ключевую функцию в формировании интеграционной повестки и поддержании региональной конкурентоспособности. По инициативе России принята Декларация «Евразийский экономический путь до 2045 года», задающая долгосрочные ориентиры развития Союза [10], что подтверждает её роль как локомотива интеграции. Для усиления этой роли России целесообразно сосредоточиться на нескольких направлениях: наращивать вклад в союзные финансовые институты для финансирования совместных инфраструктурных проектов [6], использовать собственный научно-технологический потенциал для расширения кооперации в высокотехнологичных секторах и формировать общие исследовательские платформы. Не менее важна интеграция цифровой инфраструктуры: сопряжение национальных платформ в торговле, закупках и маркировке способно снизить трансакционные издержки и повысить совместимость экономик Союза. В макроэкономической сфере России следует поддерживать расчёты в национальных валютах, развивать альтернативные платёжные каналы и укреплять согласованность финансовой политики [22]. В области человеческого капитала её лидирующая роль может проявляться через расширение образовательных программ для граждан стран ЕАЭС и упрощение взаимного признания квалификаций. Наконец, внешнеэкономическое влияние России повышает возможности Союза по заключению выгодных соглашений с третьими странами. Тем самым инвестиции, технологии и масштаб внутреннего рынка России выступают важнейшим ресурсом повышения общей конкурентоспособности ЕАЭС.

Системообразующая роль России в интеграционной архитектуре ЕАЭС может быть дополнительно верифицирована количественно. Для этого целесообразно сопоставить макроэкономическую динамику, промышленный контур и внешнесекторные параметры устойчивости за 2021-2025 гг. (см. табл. 6).

Таблица 6 – **Макроэкономический и внешнесекторный контур России как ядра устойчивости ЕАЭС, 2021-2025 гг.** (составлен авторами на основе [28; 29])

Год	Рост ВВП, %	Индекс пром. производства, %	Рост обрабатывающих производств, %	Чистая международная инвестиционная позиция, млрд долл. США	Внешний долг, млрд долл. США
2021	4.6	5.3	5.0	486.6	488.4
2022	-2.1	-0.6	-1.3	768.1	385.1
2023	4.1	4.3	8.7	856.5	318.3
2024	4.9	5.1	9.1	949.7	289.8
2025	1.0	1.3	3.6	1113.0	319.4

Как видно из таблицы 6, российская экономика не только восстановилась после спада 2022 г., но и сочетала рост ВВП с ускорением промышленного и особенно обрабатывающего выпуска. Одновременно чистая международная инвестиционная позиция последовательно увеличивалась, а внешний долг до конца 2024 г. снижался, что формировало более прочную внешнюю базу для реализации интеграционной функции.

Масштаб внешнеторгового участия России, определяющий значительную часть экономического пространства Союза, целесообразно дополнительно показать графически (см. рис. 4).

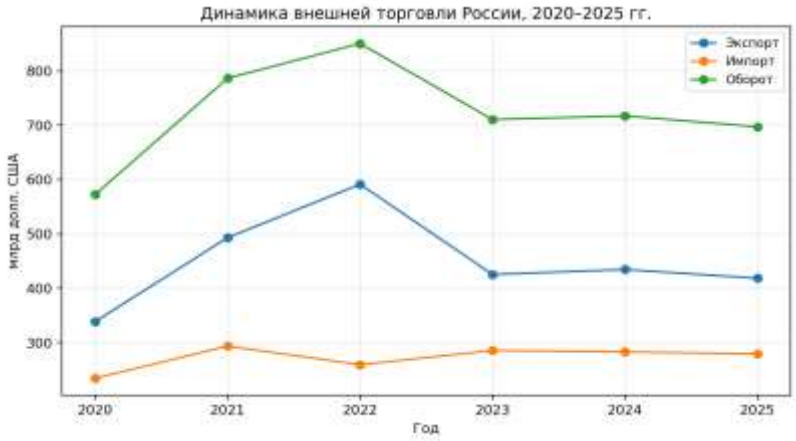

Рисунок 4 – **Динамика внешней торговли России, 2020-2025 гг., млрд долл. США** (составлен авторами на основе [13])

Рисунок 4 показывает, что после пикового значения 2022 г. внешнеторговый оборот России сократился, но остался заметно выше уровня 2020 г. Следовательно, речь идёт не о простом сжатии внешней торговли, а о её качественной перенастройке в новых институциональных и геоэкономических условиях.

Не менее существенным параметром выступает соотношение чистой международной инвестиционной позиции и внешнего долга, поскольку именно оно характеризует запас внешней устойчивости экономики (см. рис. 5).

Рисунок 5 фиксирует разнонаправленную динамику двух параметров: чистая международная инвестиционная позиция устойчиво увеличивалась, тогда как внешний долг в 2021-2024 гг. снижался и лишь по итогам 2025 г. умеренно вырос. Для аргументации статьи это принципиально важно: Россия сохраняет не только масштаб, но и относительно высокую способность поддерживать интеграционные процессы за счёт внешнесекторной устойчивости.

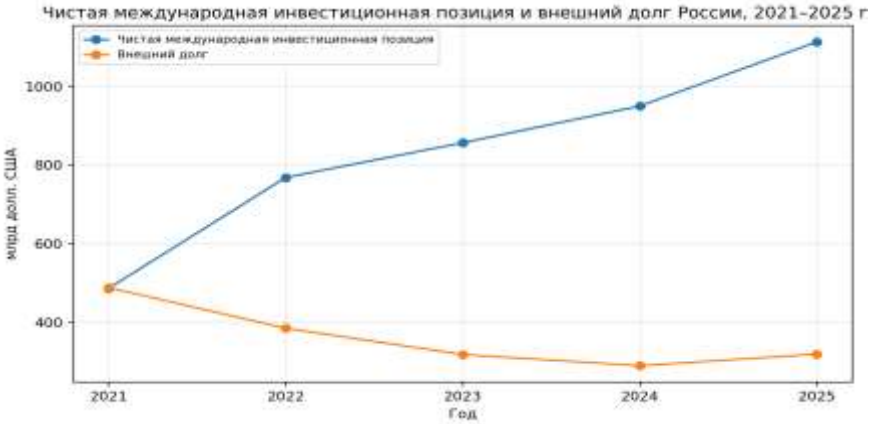

Рисунок 5 – **Чистая международная инвестиционная позиция и внешний долг России, 2021-2025 гг., млрд долл. США** (составлен авторами на основе [28])

- **Казахстан:** Обладая значительными ресурсами и выгодным положением между Россией и Китаем, Казахстан имеет потенциал стать региональным хабом роста. Для повышения конкурентоспособности приоритетны диверсификация экономики и развитие транзитно-логистического потенциала. Это предполагает углубление индустриально-инновационной политики, расширение участия национального бизнеса в евразийских производственных цепочках и модернизацию транспортной инфраструктуры, включая порты Актау и Курык и железнодорожные подходы к границам. Дополнительное значение имеют цифровая интеграция и

развитие человеческого капитала. Казахстан может выступать пилотной площадкой для общесоюзных цифровых проектов [12], а также расширять обмен квалифицированными специалистами и гармонизацию технических норм. С учётом зависимости от углеводородного сектора стране важно активнее использовать механизмы ЕАЭС для развития агропромышленного комплекса, обрабатывающей промышленности и транспортных услуг. Такое сочетание транзитных преимуществ, диверсификации и координации с партнёрами по Союзу способно обеспечить более устойчивую модель развития.

- **Беларусь:** В контексте ЕАЭС интеграция для Беларуси выступает не только механизмом доступа к рынкам, но и инструментом модернизации промышленности и экспорта. Приоритетом должна оставаться межотраслевая промышленная кооперация: расширение совместных проектов в машиностроении, микроэлектронике и других секторах позволит углубить производственные цепочки и усилить технологическую согласованность. Беларусь также может играть активную роль в гармонизации нормативной базы и продвижении единых технических регламентов, особенно в тех сферах, где обладает сравнительными преимуществами. Существенное значение имеют и развитие человеческого капитала, и финансово-институциональная поддержка. Создание совместных высокотехнологичных производств, привлечение филиалов компаний стран ЕАЭС и кооперация с вузами способны снизить отток квалифицированных кадров и повысить инновационную активность. Наконец, через инструменты ЕАЭС целесообразно продолжать диверсификацию экспорта, расширяя поставки продовольствия, продукции лёгкой промышленности и услуг на рынки Союза. В целом интеграция остаётся для Беларуси естественной институциональной средой реализации её промышленного потенциала и требует проактивного участия в дальнейшем углублении кооперации [6; 10].

- **Армения:** как небольшая по территории и населению страна, Республика Армения должна максимально использовать участие в ЕАЭС как фактор ускоренного развития. Повышение конкурентоспособности здесь связано прежде всего с нишевой специализацией внутри Союза, особенно в сфере IT и высокотехнологичных услуг, где страна уже демонстрирует высокую экономическую динамику [11]. Для закрепления этих преимуществ целесообразно продвигать формирование единого цифрового рынка ЕАЭС. Вторым важным направлением остаётся агропромышленный комплекс: рост экспорта качественной продукции требует модернизации сельского хозяйства, унификации сертификации и развития перерабатывающих и логистических мощностей при поддержке партнёров. В целом Армении рационально сосредоточиться на высококлассных услугах и нишевых товарах, используя механизмы Союза для компенсации ограниченности внутреннего рынка.

- **Кыргызстан:** экономика Кыргызской Республики, отличающаяся небольшим масштабом и высокой зависимостью от внешних факторов, может использовать членство в ЕАЭС как инструмент модернизации и диверсификации. Приоритетными направлениями выступают привлечение инвестиций и технологий партнёров по Союзу, развитие энергетики, прежде всего гидроэнергетики [6], а также формирование экспортных кластеров в текстильной, пищевой и перерабатывающей промышленности. Существенное значение имеют развитие транспортной инфраструктуры и цифровизация таможенных процедур, снижающие издержки и повышающие конкурентоспособность экспорта. Одновременно необходимы инвестиции в человеческий капитал, включая совместные образовательные проекты с вузами стран ЕАЭС. Особую роль играет поддержка малого и среднего бизнеса, для которого доступ к цифровым платформам и кооперационным механизмам Союза является важным условием роста занятости и доходов [12; 20]. Дополнительный потенциал связан с туризмом и услугами [10].

Для операционализации выводов и удобства последующей имплементации сведём ключевые роли государств-участников и приоритетные направления (инструменты) в сводную матрицу, консолидирующую результаты разделов и задающую рамку для мониторинга эффекта от предлагаемых мер (см. табл. 7).

Заключение

Проведённое исследование подтвердило исходную гипотезу: комплексный подход, сочетающий устранение институциональных и инфраструктурных ограничений с опорой на ключевые драйверы роста (цифровизация, развитие логистики, интеграция рынков труда, инновации, производственная кооперация, унификация стандартов), способен существенно укрепить конкурентные позиции государств ЕАЭС. Принципиальное значение имеет дифференцированный характер предлагаемых мер: с учётом различий в экономическом потенциале и структуре стран-участниц интеграция приобретает более гибкий и результативный формат. Реализация данных рекомендаций позволит добиться консолидации евразийского экономического пространства на качественно новом уровне, обеспечив рост производительности, ускорение инновационных процессов и повышение инвестиционной привлекательности региона. Это создаёт предпосылки для опережающего развития по сравнению с глобальными трендами, что уже

подтверждается текущей динамикой: экономики Союза демонстрируют поступательную конвергенцию по уровню доходов и адаптивность к внешним вызовам [6]. В перспективе практическая реализация обозначенных мер усилит глубину интеграционных процессов, повысит устойчивость ЕАЭС к глобальным экономическим потрясениям и принесёт ощутимые социально-экономические выгоды гражданам всех стран «евразийской пятёрки».

Таблица 7 – **Страны ЕАЭС: роль в интеграции и приоритетные направления повышения конкурентоспособности** (составлена авторами на основе [6; 10; 11; 12; 16; 19; 20; 22])

Страна	Роль в ЕАЭС	Ключевые направления и инструменты
Россия	Экономическое и институциональное ядро; инициатор интеграционной повестки	- Союзные мегапроекты: транспорт, логистика, энергетика (ЕАБР, ЕФСР) - Трансфер технологий и совместные НИОКР; центры компетенций - Интеграция цифровых платформ; платёжная интеграция («Мир») - Макрокоординация и расчёты в нацвалютах; стабильность валют - Внешние треки и ЗСТ
Казахстан	Транзитно-логистический узел; драйвер диверсификации	- Евразийский индустриальный парк - Модернизация портов Актау/Курык и «Среднего коридора» - Цифровые транспортные коридоры (пилоты ЕАЭС) - Включение бизнеса в производственные цепочки; гармонизация техрегламентов - Сеть ТЛЦ Центральной Азии; кадровые обмены (ЕЭК)
Беларусь	Индустриальный производственный хаб; платформа кооперации	- Кооперация: машиностроение, микроэлектроника, химия/пищепром - Лидерство в стандартизации и техрегулировании (ЕЭК) - Пилот правовой модели «евразийской компании» - Инфраструктурная модернизация при поддержке ЕАБР - Удержание кадров: высокотехпроизводства, IT-кластеры
Армения	Нишевой провайдер высокотехнологичных услуг и крафтового АПК	- Единый цифровой рынок услуг (взаимное признание ЭП/лицензий) - Модернизация АПК и сертификация (союзные стандарты; поддержка ЕАБР) - Логистика через Иран; углубление ЗСТ - Участие в институтах ЕАЭС (проекты, кадры) - Социальная интеграция миграции (рынок труда)
Кыргызстан	Партнёр по МСП и трудовым ресурсам; сервис/туризм	- Привлечение инвестиций и защита капитала; энергетика (ГЭС) - Экспортные кластеры: текстиль, пищепром, переработка АПК - Транспорт и цифровая таможня; доступ к рынкам РФ/РБ - Совместные образовательные программы; туризм - Унификация стандартов; цифровые платформы ЕАЭС

Литература

1. Харламов А.В. Обеспечение экономической безопасности хозяйствующих субъектов в условиях нестабильности // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2022. – № 1(23). – С. 16-33. – DOI 10.36718/2500-1825-2022-1-16-33.
2. Хозяйственная система евразийского типа: проблемы экономической неопределенности / И.Д. Афанасенко, В.С. Воронов, А.Б. Камышова [и др.]. – СПб: СПбГЭУ, 2019. – 218 с.
3. Черевко В.Е. Многополярная модель глобализации: роль процессов регионализации в обеспечении устойчивого экономического развития // Стратегия социально-экономического развития общества: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты. Сборник научных статей 14-й Международной научно-практической конференции, Курск, 21–22 ноября 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 118-121.
4. Путин сообщил о росте совокупного ВВП стран ЕАЭС за десять лет / Газета.ру. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.gazeta.ru/business/news/2024/05/08/22966171.shtml (дата обращения: 30.07.2025).
5. Темпы экономического роста стран ЕАЭС второй год подряд выше среднемировых / БЕЛТА - Новости Беларуси. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://belta.by/economics/view/tempy-ekonomicheskogo-rosta-stran-eaes-vtoroj-god-podrjad-vyshe-srednemirovyh-703582-2025/ (дата обращения: 05.08.2025).
6. О макроэкономической ситуации в государствах - членах Евразийского экономического союза и предложениях по обеспечению устойчивого экономического развития / Евразийская экономическая комиссия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/upload/files/dep_makroec_pol/doklad_2025.pdf (дата обращения: 02.08.2025).
7. ЕАЭС и все-все-все / Мир перемен. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://mirperemen.net/2016/05/eaes-i-vse-vse-vse/ (дата обращения: 05.08.2025).
8. Названы факторы, тормозящие развитие ЕАЭС / Вестник международных организаций: образование,

наука, новая экономика. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://iorj.hse.ru/news/462967374.html (дата обращения: 29.07.2025).
9. Насколько инновационным является Евразийский экономический союз? / Eurasian Research Institute. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.eurasian-research.org/publication/how-innovative-is-the-eurasian-economic-union/?lang=ru (дата обращения: 05.08.2025).
10. Главы государств ЕАЭС подписали Декларацию о дальнейшем развитии экономических процессов «Евразийский экономический путь» / Евразийская экономическая комиссия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/news/glavy-gosudarstv-eaes-podpisali-deklaratsiyu-o-dalneyshem-razvitii-ekonomicheskikh-protsessov-evrazi/ (дата обращения: 05.08.2025).
11. Статистический ежегодник Евразийского экономического союза / Евразийская экономическая комиссия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/upload/files/dep_stat/econstat/statpub/Stat_Yearbook_2024.pdf (дата обращения: 15.08.2025).
12. Миньковская М.В. Развитие цифровой политики стран ЕАЭС и России в современных условиях // Проблемы искусственного интеллекта. – 2025. – № 1(36). – С. 79-92. – DOI 10.24412/2413-7383-79-92.
13. Справочные и аналитические материалы / ФТС России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://customs.gov.ru/statistic (дата обращения: 15.08.2025).
14. Экспорт и импорт Российской Федерации по товарам / ФТС России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://customs.gov.ru/folder/502 (дата обращения: 15.08.2025).
15. Харламов А.В., Бережных М.А. Институциональная модель человеческого капитала в логике технологического суверенитета России // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 6, № 7(160). – С. 136-144. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2025.07.06.015.
16. Давыденко Е.В. Научно-технологическое сотрудничество в Евразийском экономическом союзе в контексте обеспечения технологического суверенитета // Вопросы инновационной экономики. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 25-38. – DOI 10.18334/vinec.15.1.122483.
17. Шевченко И.В. Инновации как фактор повышения конкурентоспособности ЕАЭС на мировом рынке в условиях геополитической нестабильности // Экономические исследования и разработки. – 2024. – № 5. – С. 148-155.
18. Цифровая повестка Евразийского экономического союза до 2025 года: перспективы и рекомендации / Группа Всемирного банка. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://documents1.worldbank.org/curated/en/413921522436739705/pdf/EAEU-Overview-Full-RUS-Final.pdf (дата обращения: 05.08.2025).
19. В ЕАЭС активизируется научно-техническое сотрудничество / Евразийская экономическая комиссия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/news/v-eaes-aktiviziruetsya-nauchno-tekhnicheskoe-sotrudnichestvo-/ (дата обращения: 02.08.2025).
20. Барсегян Г. Промышленная кооперация является драйвером роста в реальном секторе экономики ЕАЭС / Евразийская экономическая комиссия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/news/goar-barsegyan-promyshlennaya-kooperatsiya-yavlyaetsya-drayverom-rosta-v-realnom-sektore-ekonomiki-e/ (дата обращения: 06.08.2025).
21. Китайская народная республика / Евразийская экономическая комиссия. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://eec.eaeunion.org/comission/department/dotp/torgovye-soglasheniya/china.php (дата обращения: 05.08.2025).
22. Минэкономразвития России: в 2025 году страны ЕАЭС продолжат работу над созданием общего финансового рынка и независимой платежной инфраструктуры / Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya_rossii_v_2025_godu_strany_eaes_prodolzhat_rabotu_nad_sozdaniem_obshchego_finansovogo_rynka_i_nezavisimoy_platezhnoy_infrastruktury.html (дата обращения: 01.08.2025).
23. Перспективы членства Узбекистана в ЕАЭС / Интернет-портал СНГ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://e-cis.info/news/566/125396/ (дата обращения: 05.08.2025).
24. ЕАЭС направит 3 млрд рублей на развитие промышленной кооперации в 2025 году / Ритм Евразии. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ritmeurasia.ru/news--2025-07-29--eaes-napravit-3-mlrd-rublej-na-razvitie-promyshlennoj-kooperacii-v-2025-godu-81828?ysclid=mivk0rp7c0487455803 (дата обращения: 05.08.2025).
25. ЕАЭС и промкооперация: на какие проекты дают средства? / Новостное агентство Sputnik. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sputnik.by/20240709/eaes-i-promkooperatsiya-na-kakie-proekty-dayut-sredstva-1087917627.html?ysclid=mn4tsgmzc9526569067 (дата обращения: 03.08.2025).
26. Скирко Н.И., Кейно Н.М. Некоторые проблемы и перспективы сотрудничества Евразийского экономического союза с «третьими странами» на современном этапе // Журнал международного права и международных отношений. – 2020. – № 1-2(92-93). – С. 89-96.
27. Торговля в ЕАЭС увеличилась на 7% / СберПро Медиа. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://sber.pro/publication/torgovlya-v-eaes-uvelichilas-na-7/ (дата обращения: 05.08.2025).
28. Статистика внешнего сектора / Банк России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/external_sector/ (дата обращения: 15.08.2025).
29. Экономические обзоры / Минэкономразвития России. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/ekonomicheskie_obzory/ (дата обращения: 15.08.2025).

УДК 338.2:351.863(470)+330.3:327(470)+338.124.4

АДАПТАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭСКАЛАЦИИ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ РИСКОВ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ И МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Д.А. Андреева[1], А.В.Кушнаренко[2], С.К.Лунева[3]

Санкт-Петербургский государственный экономический университет (СПбГЭУ)
Россия, 191023*, г. Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д.* 30-32*, литер А.*

Исследование направлено на оценку влияния геополитических рисков на экономическую безопасность России в 2011–2024 гг. и разработку механизмов повышения адаптационной устойчивости. В основе методологии – авторская трехуровневая классификация рисков (прямые, экономические, системные), расчет интегрального индекса экономической безопасности (ИЭБ) и PEST-анализ. Динамика ИЭБ показала кризисное падение в 2015 г., стабилизацию и достижение локального максимума в 2023 г. несмотря на санкционное давление. Ключевым адаптационным механизмом стала структурная перестройка экономики в пользу оборонно-промышленного комплекса. PEST-анализ выявил главный долгосрочный риск — растущую бюджетную нагрузку от оборонных расходов. Научная новизна заключается в разработке комплексного подхода, связывающего типологию рисков с количественной оценкой динамики безопасности.

Ключевые слова: экономическая безопасность, геополитические риски, адаптационная устойчивость, интегральный индекс, санкции, структурные сдвиги.

ADAPTIVE RESILIENCE OF RUSSIA'S ECONOMIC SECURITY IN THE CONTEXT OF ESCALATING GEOPOLITICAL RISKS: COMPREHENSIVE ANALYSIS AND MANAGEMENT MECHANISMS

D.A. Andreeva, A.V.Kushnarenko, S.K.Luneva,
St. Petersburg State Economic University (*SPbGEU*)
191023, *St. Petersburg, Griboyedov can., 30-32, building A.*

The study aims to assess the impact of geopolitical risks on Russia's economic security from 2011 to 2024 and to develop mechanisms for enhancing its adaptive resilience. The methodology is based on an original three-level risk classification (direct, economic, systemic), the calculation of a composite Economic Security Index (ESI), and PEST analysis. The ESI dynamics showed a crisis-driven decline in 2015, followed by stabilization and a local maximum in 2023 despite increased sanctions pressure. The key adaptation mechanism was the structural reorientation of the economy towards the defense-industrial complex. PEST analysis identified the main long-term risk as the growing fiscal burden from defense spending. The scientific novelty lies in developing a comprehensive approach that links risk typology with a quantitative assessment of security dynamics

Keywords: economic security, geopolitical risks, adaptive resilience, integral index, sanctions, structural shifts.

Введение

В условиях нарастающей геополитической турбулентности XXI века обеспечение экономической безопасности становится для национальных государств ключевым императивом. Для России, переживающей с 2014 года эскалацию санкционного давления и вовлечения в зону активных международных конфликтов, этот вопрос приобретает особую остроту. Традиционно экономическая безопасность анализируется через систему пороговых значений макроэкономических индикаторов или оценивается качественно через призму угроз и вызовов. Однако существующие подходы зачастую носят статичный характер и не позволяют отследить динамику адаптации экономической системы к конкретным типам геополитических шоков.

Научная проблема заключается в недостатке методических решений для комплексной количественной оценки влияния разнотипных

EDN **YGNJUY**

[1]*Андреева Дарья Андреевна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности, тел.:* +7(981)830-77-36, *e-mail:andreeva.d@unecon.ru;*
[2]*Кушнаренко Алексей Викторович – студент* 3 *курса кафедры экономической безопасности СПбГЭУ, тел.:* +7(922)457-65-83, *e-mail: av_kushnarenko@mail.ru;*
[3]*Лунева Светлана Курусовна – старший преподаватель кафедры безопасности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций СПбГЭУ, тел.:* +7(911)915-16-70, *e-mail: isvetlana*1508*@mail.ru.*

геополитических рисков на динамику экономической безопасности в среднесрочной перспективе. В литературе и других источниках хорошо представлены либо исследования отдельных каналов воздействия санкций (финансовый, технологический), либо общие теоретические модели геополитической уязвимости. При этом остаются не до конца изученными вопросы о том, как различные по природе риски (от прямых военно-политических до производных экономических и системных) формируют каскадный эффект, и как этот процесс отражается на интегральном состоянии безопасности. Существует явный пробел в эмпирических исследованиях, которые бы связывали типологию геополитических событий с динамикой агрегированного индикатора безопасности; использовали взвешенный интегральный индекс для учета разнородности и значимости отдельных компонентов; позволяли оценить не только глубину кризисного воздействия, но и траекторию адаптационного восстановления экономики.

Целью данного исследования является проведение комплексной оценки влияния эскалации геополитических рисков на экономическую безопасность России в период 2011–2024 гг. и разработка на этой основе механизмов повышения ее адаптационной устойчивости.

Для достижения поставленной цели поставлены и решаются следующие задачи:

1. Разработать классификацию геополитических рисков, адекватно отражающую их каскадное воздействие на экономику.
2. Построить и рассчитать интегральный индекс экономической безопасности (ИЭБ) для анализа ее динамики в указанный период.
3. Выявить ключевые структурные уязвимости экономики через призму PEST-анализа и экспертных оценок.
4. На основе полученных результатов предложить механизмы управления рисками для усиления адаптационного потенциала.

Гипотеза исследования состоит в том, что, несмотря на усиление внешнего давления, российская экономика демонстрирует нелинейную адаптационную динамику, где фазы кризисного падения безопасности сменяются периодами стабилизации и восстановления за счет структурных сдвигов, ключевым из которых является переориентация на оборонно-промышленный комплекс, создающая, однако, новые долгосрочные бюджетные риски.

Методы и информационная основа исследования

Для достижения поставленной цели – комплексной оценки влияния геополитических рисков на экономическую безопасность и выявления механизмов адаптации – использован взаимодополняющий методологический комплекс. Его логика построена на последовательном переходе от теоретического структурирования предметной области к количественной динамической оценке и последующей качественной верификации выявленных уязвимостей. *Методологический аппарат* включает системный анализ и авторскую классификацию. На первом этапе для структурирования многообразия внешних вызовов применен системный анализ, позволивший выделить ключевые компоненты воздействия. На его основе разработана оригинальная трехуровневая классификация геополитических рисков (прямые, экономические, системные), которая отражает каскадный механизм их трансмиссии от политико-военной сферы к фундаментальным экономическим институтам. Данный подход обеспечивает содержательную основу для последующего количественного и качественного анализа. Для измерения динамики экономической безопасности в период 2011–2024 гг. использована методика построения интегрального индекса (ИЭБ). Она решает задачу агрегирования разнородных макроэкономических показателей (включая ВВП, инвестиции, долю промышленности, уровень бедности, внешний долг и др.) в единую метрику. Процедура включала нормализацию динамических рядов для приведения показателей к сопоставимому безразмерному виду; взвешивание компонентов индекса по методу Фишберна, который ранжирует показатели по степени их важности для общей безопасности на основе заданной системы приоритетов, что позволяет избежать субъективного произвола в присвоении весов; линейную свертку нормализованных и взвешенных значений для получения итогового индекса за каждый год. Этот метод обеспечивает наглядную визуализацию траектории безопасности и позволяет точно идентифицировать кризисные точки и фазы восстановления. Также использована качественная оценка уязвимостей. Для углубленного анализа структурных слабостей, которые могут не быть в полной мере отражены в макроэкономических индикаторах, применен PEST-анализ. Он позволил систематизировать факторы риска по четырем ключевым сферам. Результаты PEST-анализа были верифицированы и ранжированы с помощью экспертных оценок. На основе анкетирования 15 профильных экспертов (ученые-экономисты и аналитики, специализирующиеся на проблемах безопасности и макроэкономического регулирования) построена тепловая карта рисков, наглядно отображающая их приоритетность и потенциальное воздействие.

Информационная основа исследования носит комплексный характер и включает официальные статистические данные (динамические ряды макроэкономических показателей за период 2011–2024 гг., предоставленные Росстатом,

Банком России и Министерством финансов РФ), данные международных организаций (статистика Всемирного банка и Международного валютного фонда для сравнительного анализа и проверки консистентности), аналитические и нормативные материалы (доклады правительственных и исследовательских институтов, стратегические документы в области экономической и национальной безопасности.

Результаты и обсуждение

Анализ эволюции понятия «геополитический риск» демонстрирует его трансформацию от классических пространственных моделей (таких как дуализм «суша-море») к современным комплексным гибридным угрозам. В текущих условиях вызовы носят синергетический характер – военно-политическое давление закономерно комбинируется с экономическими санкциями, информационным противоборством и ценностной конфронтацией, формируя каскадный эффект для национальной безопасности.

Классическая геополитическая мысль, акцентирующая фундаментальную роль географических факторов (размер территории, доступ к морям, ландшафт) в определении стратегических приоритетов и идентичности государства [1, 3], сохраняет свою значимость. В современном контексте, характеризующемся обострением конкуренции за ресурсы и стратегическое влияние [2], эти факторы действуют не изолированно. Они становятся платформой для возникновения многослойных рисков, где пространственные преимущества или уязвимости усиливаются инструментами экономического, технологического и информационного воздействия. Таким образом, географическое положение остается ключевым фоном, но непосредственная угроза экономической безопасности реализуется через комплекс гибридных механизмов.

Для анализа механизмов трансмиссии внешних шоков в социально-экономическую систему России разработана авторская трехуровневая классификация геополитических рисков, отражающая каскадный характер их воздействия. Прямые риски – военно-политическое давление, включая создание кризисных зон у границ и действия, направленные на подрыв государственного суверенитета и территориальной целостности. Экономические риски – целенаправленное финансово-экономическое давление (санкции, изоляция от международных систем), нацеленное на ослабление экономического суверенитета. Системные риски – комплекс гибридных угроз (информационно-психологическое воздействие, подрыв международного порядка), целью которых является внутриполитическая дестабилизация и эрозия национальной идентичности. Данная классификация позволяет выявить ключевой механизм воздействия: первичный импульс (например, санкции) через торговые, финансовые, технологические и информационные каналы запускает цепную реакцию, последовательно затрагивающую все уровни экономической и социальной системы.

Качественный анализ современных вызовов для России. Применение предложенной классификации к периоду 2011–2024 гг. выявляет эволюцию угроз в сторону комплексной гибридной конфронтации, где различные риски взаимно усиливают друг друга.

Прямые риски материализовались в виде военно-политического давления у границ России, которое, по оценке российского руководства, создало прямую угрозу национальной безопасности. Ответом стало начало Специальной военной операции (СВО), что привело к колоссальной нагрузке на экономику и стало триггером для эскалации иных форм давления. Расширение НАТО на восток, включая перспективу вступления Украины и Грузии, было воспринято как «красная линия» [4, 5].

Экономические риски проявились в виде последовательно ужесточающихся и увеличивающихся санкционных пакетов, направленных на финансовую и технологическую изоляцию. Ключевыми инструментами стали: отключение ведущих банков от SWIFT [7], установление ценового потолка на нефть [8], технологическая блокада критических отраслей [9] и заморозка международных резервов, что оценивается Россией как акт гибридной войны [10]. Российская сторона рассматривает эти меры как незаконные и контрпродуктивные [6, 8].

Системные риски реализовались через масштабную информационно-психологическую войну, включая кибератаки на критическую инфраструктуру (свыше 208 тыс. особо опасных атак в 2024 г. [11]) и распространение дезинформации (десятки миллионов копий фейков [12]). Одновременно ведется дестабилизация постсоветского пространства для ослабления российского влияния, в том числе через политику вовлечения соседних государств в военные структуры НАТО [13].

Таким образом, качественный анализ подтверждает каскадный и синергетический характер воздействия. Прямые военные угрозы запустили цепную реакцию, включив жесткие экономические ограничения и системную гибридную войну. Их совокупное воздействие создает стратегический вызов, нацеленный на подрыв экономического суверенитета, внутриполитическую стабильность и эрозию основ национальной безопасности и идентичности РФ.

Количественная оценка воздействия на экономическую безопасность России.

Динамика ключевых макроэкономических индикаторов за 2011–2024 гг. (рис. 2-10) свидетельствует о специфической адаптации экономики к внешним шокам. Номинальный ВВП за период вырос более чем втрое, превысив 200 трлн рублей к 2024 году. Рост, ускорившийся после 2021 г., был в значительной степени обеспечен наращиванием производства в оборонно-промышленном комплексе (ОПК). Инфляция демонстрировала резкие всплески, напрямую реагируя на геополитические кризисы и ослабление рубля. Инвестиционная активность оставалась на умеренном уровне, испытав спад в 2021 г. с последующим восстановлением. Бюджетный дефицит возникал в кризисные годы (2015, 2020, 2022), чередуясь с профицитами. Нефтегазовые доходы сохраняют высокую волатильность. Международные резервы, сократившиеся под действием санкций, в последние два года демонстрируют тенденцию к восстановлению. Торговый баланс неизменно положителен, а его сальдо резко выросло после 2022 г. вследствие успешной переориентации экспорта на рынки Азии и сокращения импорта. Социальные показатели демонстрируют позитивную динамику: реальные доходы населения с 2021 г. устойчиво растут, а уровень безработицы в 2024 г. достиг рекордно низкого значения (2,5%).

Таким образом, достигнутые макроэкономическая стабилизация и социальное благополучие обеспечены главным образом за счет масштабного перераспределения ресурсов в пользу ОПК, активного использования резервов и кардинальной перестройки внешней торговли. Данная модель доказала устойчивость к внешним шокам, однако формирует зависимость от дальнейшего бюджетного финансирования и создает структурные дисбалансы в экономике.

Таблица 1 – **Сводная таблица динамики ключевых макроэкономических индикаторов России**

Год	Номинальный ВВП, трлн руб.	Инфляция, %	Доля инвестиций в основной капитал, % к ВВП	Сальдо федерального бюджета, % к ВВП	Нефтегазовые доходы бюджета, трлн руб.	Золотовалютные резервы, млрд долл.	Сальдо торгового баланса, млрд долл.	Реальные доходы населения, индекс (год=100%)	Уровень безработицы, %
2011	60,11	8,4	20,7	-0,7	5641,8	482	196,85	100,5	6,5
2012	68,1	5,1	21	0,06	6453,2	532	191,66	104,6	5,5
2013	72,99	6,8	21,4	0,4	6534	508,5	180,57	104	5,5
2014	79,03	7,8	20,8	0,4	7433,9	388,5	188,93	98,8	5,2
2015	83,09	15,5	20	2,4	5862,7	368,4	148,4	97,6	5,6
2016	85,62	7	21,3	3,5	4844	379,1	90,21	95,5	5,5
2017	91,84	3,7	21,4	1,5	5971,9	432,1	114,56	99,5	5,2
2018	103,86	2,9	20	-2,6	9017,8	466,9	195,06	100,7	4,8
2019	109,61	4,5	20,4	-1,8	7924,3	549,8	165,85	101,2	4,6
2020	107,66	3,4	21,5	3,8	5235,2	595,8	93,44	98	5,8
2021	134,73	6,7	19,2	-0,4	9056,5	630,6	193,11	103,3	4,8
2022	156,73	13,7	20,3	2,1	11586,2	577,5	315,57	104,5	4
2023	176,41	5,9	22	1,8	8822,3	599,3	121,66	106,1	3,2
2024	201,15	8,5	22,3	1,7	11131,1	611,3	132,09	107,3	2,5

Комплексная оценка уровня экономической безопасности государства

Для оценки уровня экономической безопасности России с использованием методов нормализации, взвешивания и расчета интегрального индекса экономической безопасности, всесторонней оценки уязвимостей и потенциала России были выбраны ключевые индикаторы, охватывающие макроэкономическую стабильность.

Для последующего расчета ИЭБ отобраны 10 показателей: реальный ВВП России, уровень безработицы, доля российского ВВП в мировом, доля инвестиций в основной капитал в ВВП, сальдо торгового баланса России, уровень инфляции, индекс восприятия коррупции (ИВК), индекс экономической свободы (ИЭС), внешний долг России, военные (оборонные) расходы.

Нормализация показателей

Для приведения разнородных показателей к сопоставимому виду применяется метод минимакс-нормализации.

Для позитивных показателей применяется формула:

$$N_i = \frac{Xi - Xmin}{X\,max - Xmin}, \qquad (1)$$

где N_i – нормализованное значение показателя;

x_i – фактическое значение показателя;

x_{min} – минимальное значение показателя в анализируемом ряду;

x_{max} – максимальное значение показателя в анализируемом ряду.

Для негативных показателей используется модифицированная формула:

$$N_i = 1 - \frac{Xi - Xmin}{X\,max - Xmin}, \quad (2)$$

где N_i – нормализованное значение показателя,

x_i – фактическое значение показателя,

x_{min} – минимальное значение показателя в анализируемом ряду,

x_{max} – максимальное значение показателя в анализируемом ряду.

Результат нормализации находится в интервале [0; 1], где 1 соответствует наилучшему состоянию.

Классификация показателей для нормализации

Позитивные индикаторы отражают развитие экономики, активизацию инвестиционных процессов и укрепление финансового сектора (реальный ВВП, доля российского ВВП в мировом ВВП, доля инвестиций в основной капитал в ВВП, сальдо торгового баланса (торговый баланс), индекс экономической свободы, индекс восприятия коррупции).

Негативные показатели свидетельствуют о наличии макроэкономических угроз, возрастании бюджетной нагрузки и усилении внешнеполитического давления (уровень безработицы, уровень инфляции, внешний долг России, военные (оборонные) расходы).

Расчет весовых коэффициентов по методу Фишберна для показателей экономической безопасности России.

В таблице 2 представлено проведенное ранжирование показателей по их значимости для экономической безопасности с присвоением ранга (R_i) по шкале от 1 до 10, где: 10 – максимальная значимость; 1 – минимальная значимость.

Определение весового коэффициента (P_i) производится по формуле:

$$P_i = {Ri}/{K}, \quad (3)$$

где: P_i – весовой коэффициент (вес), К – ранговая сумма, R_i – ранг показателя.

Показатели ранжированы по степени их прямого влияния на базовые основы экономической безопасности и суверенитет государства.

Таблица 2 **– Сводная таблица для комплексной оценки экономической безопасности России** (2011–2024 гг.)

Показатель (и единица измерения)	**Фактические значения по годам**	**Нормализованные значения по годам**	**Ранг (R_i)**	**Вес (P_i)**	**Характер индикатора / динамики изменения**
Реальный ВВП, трлн руб.	2011: 60,11 2012: 62,53 2013: 63,64 2014: 64,10 2015: 62,84 2016: 62,96 2017: 64,10 2018:65,90 2019: 67,36 2020: 65,57 2021: 69,42 2022: 68,33 2023: 71,21 2024: 74,30	2011: 0,0 2012: 0,171 2013: 0,249 2014: 0,281 2015: 0,192 2016: 0,201 2017: 0,281 2018: 0,408 2019: 0,511 2020: 0,385 2021: 0,656 2022: 0,579 2023: 0,782 2024: 1,0	10	0,182	Позитивный / положительная
Доля российского ВВП в мировом ВВП, %	2011: 3,51 2012: 3,54 2013: 3,48 2014: 3,39 2015: 2,22 2016: 3,13 2017: 3,07 2018: 3,18 2019: 3,27 2020: 3,33 2021: 3,64 2022: 3,47 2023: 3,49 2024: 3,52	2011: 0,908 2012: 0,93 2013: 0,887 2014: 0,824 2015: 0,0 2016: 0,641 2017: 0,599 2018: 0,676 2019: 0,739 2020: 0,782 2021: 1,0 2022: 0,88 2023: 0,894 2024: 0,951	9	0,164	Позитивный / положительная

Показатель (и единица измерения)	**Фактические значения по годам**	**Нормализованные значения по годам**	**Ранг (R_i)**	**Вес (P_i)**	**Характер индикатора / динамики изменения**
Доля инвестиций в основной капитал, % к ВВП	2011: 20,7 2012: 21,0 2013: 21,4 2014: 20,8 2015: 20,0 2016: 21,3 2017: 21,4 2018: 20,0 2019: 20,4 2020: 21,5 2021: 19,2 2022: 20,3 2023: 22,0 2024: 22,3	2011: 0,484 2012: 0,581 2013: 0,71 2014: 0,516 2015: 0,258 2016: 0,677 2017: 0,71 2018: 0,258 2019: 0,387 2020: 0,742 2021: 0,0 2022: 0,335 2023: 0,903 2024: 1,0	8	0,145	Позитивный / положительная
Сальдо торгового баланса, млрд. долл. США	2011: 196,85 2012: 191,66 2013: 180,57 2014: 188,93 2015: 148,40 2016: 90,21 2017: 114,56 2018: 195,06 2019: 165,85 2020: 93,44 2021: 193,11 2022: 315,57 2023: 121,66 2024: 132,09	2011: 0,473 2012: 0,45 2013: 0,401 2014: 0,438 2015: 0,258 2016: 0,0 2017: 0,108 2018: 0,456 2019: 0,336 2020: 0,014 2021: 0,457 2022: 1,0 2023: 0,14 2024: 0,186	7	0,127	Позитивный / отрицательная
Инфляция, %	2011: 8,4 2012: 5,1 2013: 6,8 2014: 7,8 2015: 15,5 2016: 7,0 2017: 3,7 2018: 2,9 2019: 4,5 2020: 3,4 2021: 6,7 2022: 13,7 2023: 5,9 2024: 8,5	2011: 0,563 2012: 0,825 2013: 0,69 2014: 0,611 2015: 0,0 2016: 0,675 2017: 0,937 2018: 1,0 2019: 0,873 2020: 0,96 2021: 0,698 2022: 0,143 2023: 0,762 2024: 0,556	6	0,109	Негативный / положительная
Внешний долг России, млрд. долл. США	2011: 538,88 2012: 636,42 2013: 728,86 2014: 599,90 2015: 518,49 2016: 511,75 2017: 518,45 2018: 455,07 2019: 491,45 2020: 467,61 2021: 488,42 2022: 385,08 2023: 318,29 2024: 289,75	2011: 0,433 2012: 0,211 2013: 0,0 2014: 0,294 2015: 0,479 2016: 0,494 2017: 0,479 2018: 0,624 2019: 0,541 2020: 0,595 2021: 0,548 2022: 0,783 2023: 0,935 2024: 1,0	5	0,091	Негативный / отрицательная
Военные (оборонные) расходы, млрд. долл. США	2011: 70,24 2012: 81,47 2013: 88,35 2014: 84,70 2015: 66,42 2016: 69,25 2017: 66,91 2018: 61,61	2011: 0,901 2012: 0,773 2013: 0,694 2014: 0,736 2015: 0,945 2016: 0,913 2017: 0,939 2018: 1,0	4	0,073	Негативный (в части нагрузки) / негативный (увеличение нагрузки)

Показатель (и единица измерения)	Фактические значения по годам	Нормализованные значения по годам	Ранг (R_i)	Вес (P_i)	Характер индикатора / динамики изменения
	2019: 65,20 2020: 61,71 2021: 65,91 2022: 102,37 2023: 109,20 2024: 148,97	2019: 0,959 2020: 0,999 2021: 0,951 2022: 0,533 2023: 0,455 2024: 0,0			
Индекс восприятия коррупции (ИВК)	2011: 24 2012: 28 2013: 28 2014: 27 2015: 29 2016: 29 2017: 29 2018: 28 2019: 28 2020: 30 2021: 29 2022: 28 2023: 26 2024: 22	2011: 0,25 2012: 0,75 2013: 0,75 2014: 0,625 2015: 0,875 2016: 0,875 2017: 0,875 2018: 0,75 2019: 0,75 2020: 1,0 2021: 0,875 2022: 0,75 2023: 0,5 2024: 0,0	3	0,055	Позитивный / отрицательная
Индекс экономической свободы (общая оценка ИЭС)	2011: 50,5 2012: 50,5 2013: 51,1 2014: 51,9 2015: 51,1 2016: 50,6 2017: 57,1 2018: 58,2 2019: 58,9 2020: 61,0 2021: 61,5 2022: 56,1 2023: 53,8 2024: 51,0	2011: 0,0 2012: 0,0 2013: 0,055 2014: 0,127 2015: 0,145 2016: 0,009 2017: 0,6 2018: 0,7 2019: 0,764 2020: 0,955 2021: 1,0 2022: 0,509 2023: 0,3 2024: 0,136	2	0,036	Позитивный / положительная
Уровень безработицы России, % от общей численности трудоспособного населения	2011: 6,5 2012: 5,5 2013: 5,5 2014: 5,2 2015: 5,6 2016: 5,5 2017: 5,2 2018: 4,8 2019: 4,6 2020: 5,8 2021: 4,8 2022: 4,0 2023: 3,2 2024: 3,5	2011: 0,0 2012: 0,303 2013: 0,303 2014: 0,394 2015: 0,273 2016: 0,303 2017: 0,394 2018: 0,515 2019: 0,576 2020: 0,212 2021: 0,515 2022: 0,758 2023: 1,0 2024: 0,909	1	0,018	Негативный / отрицательная

Источник: составлено самостоятельно на основе [14-16, 19, 21, 27]

Расчет интегрального индекса экономической безопасности (ИЭБ)

Формула для расчета:

$$ИЭБ = \sum^{n}_{i=1}(N_i \ P_i), \quad (4)$$

где N_i – нормализованное значение показателя;

P_i – вес показателя.

Результаты расчета представлены в Таблице 3, где отражена динамика интегрального индекса экономической безопасности России за период 2011-2024 годов. Расчет выполнен на основе нормализованных значений десяти ключевых показателей с применением системы весов Фишберна. Интерпретация значений ИЭБ проводится на основе рис. 1.

Динамика рассчитанного интегрального индекса экономической безопасности (ИЭБ) России в период с 2011 по 2024 год позволяет выделить четыре отчетливых этапа в состоянии экономической безопасности. Начальный период (2011-2014 гг.) характеризуется стагнации на низком уровне, что демонстрирует уязвимость национальной экономики. Снижение индекса в 2015 году является следствием кризисного периода и обострения внешнеполитических отношений России. ИЭБ вырос в период

2016-2018 гг., продолжил устойчивую стабилизацию на среднем уровне в 2019-2024 г.

Стоит отменить, что в 2023 г., несмотря на масштабное санкционное давление и ограничения, индекс достиг максимального значения. Достижение максимума может указывать на формирование новой модели экономической устойчивости. Для более четкого восприятия выявленных тенденций целесообразно представить эти данные в графическом виде (рис. 1).

Анализ воздействия геополитических угроз на ключевые индикаторы экономической безопасности Российской Федерации.

PEST-анализ позволяет систематизировать угрозы по четырем ключевым направлениям: политическому (P), экономическому (E), социальному (S), технологическому (T). Применение данного метода позволит выявить взаимовлияние угроз и их совокупный эффект.

На основе PEST-анализа и оценки социально-экономического развития за 2011–2024 гг. выявлены ключевые риски экономической безопасности: рост доли оборонных расходов в ВВП; структурная деформация экономики в пользу ОПК; технологические ограничения на поставки комплектующих.

Таблица 3 – **Интегральный индекс экономической безопасности России**

Год		Значение ИЭБ	Интерпретация
2011		0,459	Низкий уровень
2012		0,537	
2013		0,519	
2014		0,510	
2015		0,276	Кризисное состояние
2016		0,479	Низкий уровень
2017		0,557	
2018		0,595	
2019		0,607	Средний уровень
2020		0,633	
2021		0,630	
2022		0,627	
2023		0,695	
2024		0,674	

Источник: составлено самостоятельно

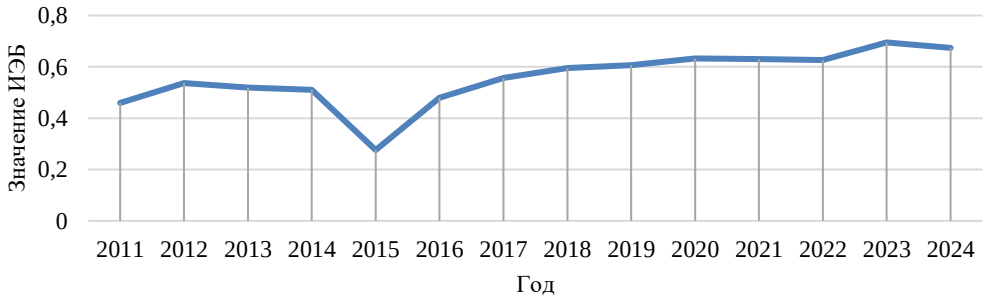

Рисунок 1 – **Динамика интегрального индекса экономической безопасности Российской Федерации за период 2011-2024 гг.** Источник: составлено авторами

В качестве приоритетного для минимизации последствий определен риск высокой бюджетной нагрузки из-за роста военных расходов. Хотя эти расходы являются вынужденным ответом на прямые геополитические угрозы, их беспрецедентный рост создает системные дисбалансы. Высокая концентрация ресурсов в ОПК сокращает финансирование гражданских секторов, что в долгосрочной перспективе ограничивает возможности для диверсификации экономики и устойчивого роста после завершения текущей фазы конфронтации.

Заключение

Проведенный анализ подтверждает гипотезу о значительном адаптационном потенциале экономической безопасности России, что количественно выражено в восстановлении и росте интегрального индекса экономической безопасности (ИЭБ).

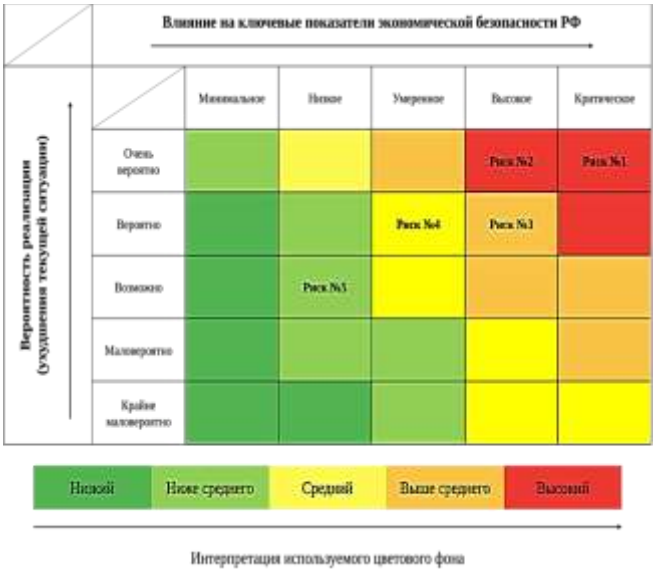

Рисунок 13 – **Тепловая карта рисков социально-экономической модели РФ** (составлено авторами)

Предложенная классификация геополитических рисков позволила выявить их каскадный механизм воздействия, при котором первичный импульс в одной сфере инициирует цепную реакцию в других.

Расчет ИЭБ показал нелинейный характер адаптации: достижение локального максимума в 2023 году, несмотря на эскалацию санкционного давления, свидетельствует о срабатывании адаптационных механизмов. Ядром этой адаптации стала структурная перестройка экономики в пользу оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Результаты PEST-анализа и карты рисков позволили ранжировать угрозы. Наиболее значимым долгосрочным риском для устойчивости признан рост оборонных расходов, создающий структурные дисбалансы и высокую бюджетную нагрузку.

Таблица 4 – Факторы **воздействия геополитических угроз на ключевые индикаторы экономической безопасности Российской Федерации**

Фактор	**Влияние фактора**	**Средняя экспертная оценка**	**Оценка (поправка на вес)**
Санкции в отношении России на поставки высокотехнологического оборудования	4	4,2	0,33
Ограничения на поставки российских углеводородов (нефть, природный газ) в ЕС	4	4	0,31
Отключение системообразующих банков России от международной системы SWIFT	4	3,8	0,29
Заморозка активов ЦБ России	3	3,6	0,21
Рост доли оборонных расходов в ВВП	5	4,6	0,45
Структурная деформация экономики в пользу ОПК России	5	4,2	0,41
Устойчивый дефицит федерального бюджета	4	4	0,32
Введение «потолка цен» на российскую нефть	3	3,4	0,2
Снижение реальных располагаемых доходов населения	3	3,2	0,19
Рост социального неравенства на фоне инфляции	3	3	0,18
Перегрев рынка труда и структурные дисбалансы	3	3	0,18
Расходы бюджета на социальную адаптацию перемещенных лиц и ветеранов СВО	2	3,4	0,13
Запрет на поставки в Россию передового оборудования и комплектующих	4	4,4	0,35
Ограничение иностранного программного обеспечения	4	3,8	0,3
Общий итог (сумма влияющих факторов)	**51**	**52,6**	**x**

Источник: составлено авторами на основе экспертных оценок

Для минимизации системных вызовов рекомендуется разработать единую систему государственного мониторинга геополитических рисков превентивного и прогнозного характера. Эта система должна интегрировать работу органов власти, преодолевать межведомственные барьеры и быть напрямую связана с интегральными показателями экономической безопасности.

Научная значимость проведенного исследования заключается в апробации комплексного подхода, включающего авторскую классификацию рисков, расчет ИЭБ и экспертный PEST-анализ. Практическая значимость состоит в том, что выявленные структурные дисбалансы могут быть учтены Советом Безопасности, Минэкономразвития и Минфином России при корректировке политики управления рисками.

Перспективы дальнейших исследований включают в себя направления по адаптации методического аппарата для анализа экономик других государств, находящихся под длительным санкционным давлением, изучение региональной асимметрии последствий структурных сдвигов для единого экономического пространства страны, а также моделирование отдаленных социально-экономических последствий текущей бюджетной и производственной конфигурации для разработки превентивных мер.

Литература

1. Дугин, А. Г. Геополитика как эффективный метод современной российской политической теории и практики / А. Г. Дугин // Научная мысль Кавказа. – 2008. – № 3(55). – С. 5-13. – EDN JUAICF.
2. Гаджиев, К. С. К вопросу о геополитической идентичности России в современном мире / К. С. Гаджиев // Власть. – 2011. – № 6. – С. 4-10. – EDN NXTRMZ.
3. Бжезинский, З. Великая шахматная доска / Збигнев Бжезинский ; [пер. с англ. О. Уральской]. – Москва: Издательство АСТ, 2025. – 384 с. – (Эксклюзивная классика). ISBN 978-5-17-106452-5.
4. Захарова: наращивание военного потенциала НАТО повышает риски столкновения // РИА Новости : [рос. информ. агентство]. – URL:

https://ria.ru/20250527/zakharova-2019341717.html (дата обращения: 12.11.2025).
5. Медведев заявил о наращивании военного присутствия НАТО рядом с границами России // Газета.ru : [рос. обществ.-полит. интернет-издание]. – URL: https://www.gazeta.ru/politics/news/2023/10/25/21575965.shtml?updated (дата обращения: 12.11.2025).
6. МИД РФ: односторонние санкции противоречат нормам международного права // ТАСС : [рос. гос. федеральное информ. агентство]. – URL: https://tass.ru/ekonomika/25533227 (дата обращения: 12.11.2025).
7. Захарова ответила на новые санкции США словами об «устойчивом иммунитете» // РБК : [группа компаний «РосБизнесКонсалтинг]. – URL: https://www.rbc.ru/rbcfreenews/68fa04419a7947db12eb6b6e (дата обращения: 12.11.2025).
8. Президент РФ: искусственное занижение цен на нефть ударит и по тем, кто его провоцирует // ТАСС : [рос. гос. федеральное информ. агентство]. – URL: https://tass.ru/ekonomika/1590014 (дата обращения: 12.11.2025).
9. Медведев считает, что технологическая блокада России сохранится «на неопределенное время» // ТАСС: [рос. гос. федеральное информ. агентство]. – URL: https://tass.ru/politika/16087859 (дата обращения: 12.11.2025).
10. Захарова: Россия рассматривает изъятие активов в ЕС как акт гибридной войны // ТАСС : [рос. гос. федеральное информ. агентство]. – URL: https://tass.ru/ekonomika/24903225 (дата обращения: 13.11.2025).
11. В 2024 году на критическую инфраструктуру РФ совершили свыше 208 тыс. кибератак // ТАСС : [рос. гос. федеральное информ. агентство]. – URL: https://tass.ru/obschestvo/24270207 (дата обращения: 13.11.2025).
12. С 2022 года в сети распространили порядка 40 млн копий фейков об СВО // ТАСС : [рос. гос. федеральное информ. агентство]. – URL: https://tass.ru/obschestvo/25493271 (дата обращения: 13.11.2025).
13. Лавров: народ и власти Грузии все понимают, чтобы не стать пешкой в руках Запада // ТАСС : [рос. гос. федеральное информ. агентство]. – URL: https://tass.ru/politika/22800927 (дата обращения: 13.11.2025).
14. Внутренний валовый продукт : стат. данные / Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации (Росстат). – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VVP_god_s1995-2024.xlsx (дата обращения: 13.11.2025).
15. Уровень инфляции в России: стат. данные // RateInflation : междунар. портал статистики. – URL: https://www.rateinflation.com/inflation-rate/russia-historical-inflation-rate/ (дата обращения: 13.11.2025).
16. Доля инвестиций в основной капитал в ВВП : стат. данные / Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации (Росстат). – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/macr5-1.xlsx (дата обращения: 13.11.2025).
17. Краткая ежегодная информация об исполнении федерального бюджета : документы / Министерство финансов Российской Федерации (Минфин России). – URL: https://minfin.gov.ru/ru/document?id_4=80041-kratkaya_ezhegodnaya_informatsiya_ob_ispolnenii_federalnogo_byudzheta_mlrd._rub (дата обращения: 13.11.2025).
18. Международные резервы Российской Федерации : стат. данные / Центральный Банк Российской Федерации. – URL: https://cbr.ru/hd_base/mrrf/mrrf_7d/ (дата обращения: 13.11.2025)
19. Платежный баланс, международная инвестиционная позиция и внешний долг Российской Федерации: стат. данные / Центральный Банк Российской Федерации. – URL: https://cbr.ru/statistics/macro_itm/external_sector/pb/p_balance/ (дата обращения: 13.11.2025).
20. Реальные располагаемые денежные доходы: стат. данные / ЕМИСС : единая межведомственная информационно-статистическая система. – URL: https://www.fedstat.ru/indicator/43278 (дата обращения: 13.11.2025).
21. Уровень безработицы в России: стат. данные // сайт статистики «SVSPV.NET». – URL: https://svspb.net/danmark/bezrabotica.php?l=rossija (дата обращения: 13.11.2025).
22. Ездина Варвара Ивановна, Доценко Елена Юрьевна Проблема обеспечения экономической безопасности в сфере внешней торговли России и пути ее решения // Экономика и управление инновациями. 2022. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problema-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-v-sfere-vneshney-torgovli-rossii-i-puti-ee-resheniya (дата обращения: 14.11.2025).
23. Елкина, О. С. Экономическая безопасность: государство и регион : учебник / О. С. Елкина. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 408 с. — ISBN 978-5-4497-1428-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/116248.html (дата обращения: 14.11.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: https://doi.org/10.23682/116248.
24. Каюков В. В. Анализ индикаторов финансовой безопасности России // Вестник науки. 2018. №5 (5). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-indikatorov-finansovoy-bezopasnosti-rossii (дата обращения: 14.11.2025).
25. Криворотов В.В., Калина А.В., Белик И.С. Пороговые значения индикативных показателей для диагностики экономической безопасности Российской Федерации на современном этапе // Вестник Уральского федерального университета. Серия экономика и управление. 2019. Том 18. № 6. С. 892-910. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/79567/1/vestnik_2019_6_009.pdf (дата обращения: 14.11.2025).
26. Новикова Ирина Владимировна, Красников Николай Ильич Индикаторы экономической безопасности региона // Вестн. Том. гос. ун-та. 2010. №330. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/indikatory-ekonomicheskoy-bezopasnosti-regiona (дата обращения: 14.11.2025).
27. Внешний долг Российской Федерации : стат. данные / Центральный Банк Российской Федерации. – URL: https://cbr.ru/vfs/statistics/credit_statistics/debt/debt_new.xlsx (дата обращения: 14.11.2025).

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, ПРИНИМАЕМЫМ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ «ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СЕРВИСА»

К публикации принимаются материалы научно-технического содержания **по актуальным проблемам техники и технологии сервиса машин, приборов и инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства, бытового обслуживания, дизайна, экологии, личного и общественного транспорта, не предназначенные для публикации в других изданиях.**

Материалы, публикуемые в журнале, должны обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по соответствующим правилам (см. http://unecon.ru/zhurnal-ttps).

Материалы для публикации должны сопровождаться: электронной версией статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (отправленной по e-mail).

Статья должна содержать следующие реквизиты:

• индекс универсальной десятичной классификации литературы (УДК);

• название статьи на русском и английском языках;

• фамилию имя отчество автора (авторов) полностью с указанием должности, звания, телефона и электронного адреса;

• полное наименование организации с указанием почтового индекса и адреса;

• аннотацию из 10 – 30 слов на русском и английском языках;

• 3 – 7 ключевых слова или словосочетания на русском и английском языках;

• текст статьи (8 – 15 страниц (14 пт.), номера страниц не указываются) на русском языке;

• литература (библиографические ссылки даются в конце текста в порядке упоминания по основному тексту статьи, в тексте в квадратных скобках указывается порядковый номер). Внутритекстовые, подстрочные и затекстовые библиографические ссылки (списки литературы) должны оформляться в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Статья представляется в электронном виде (на электронном носителе или высылается электронной почтой по адресу: GregoryL@yandex.ru.

При оформлении статьи должны соблюдаться следующие требования.

При наборе текста используется шрифт TimesNewRoman. Интервал текста кратный, без дополнительных интервалов. Лишние пробелы между словами не допускаются. Форматирование текста (выравнивание, отступы, переносы, интервалы и др.) должно производиться автоматически.

Иллюстрации представляются в графических редакторах MSWindows. Все иллюстрации сопровождаются подрисуночными подписями (не повторяющими фразы-ссылки на рисунки в тексте), включающими номер, название иллюстрации и при необходимости – условные обозначения.

Рисунки выполняются в соответствии со следующими требованиями:

• масштаб изображения – наиболее мелкий (при условии читаемости);

• буквенные и цифровые обозначения на рисунках по начертанию и размеру должны соответствовать обозначениям в тексте статьи;

• размер рисунка – не более 15х20 см;

• текстовая информация и условные обозначения выносятся из рисунка в текст статьи или подрисуночные подписи.

Иллюстрации (диаграммы, рисунки, таблицы) могут быть включены в файл текста или быть представлены отдельным файлом.

Все **графики, диаграммы** и прочие встраиваемые объекты должны снабжаться числовыми данными, обеспечивающими при необходимости их (графиков, диаграмм и пр.) достоверное воспроизведение.

Формулы должны быть созданы в редакторе формул MSEquation. Защита формул от редактирования не допускается. Формулы следует нумеровать в круглых скобках, например, (2). Величины, обозначенные латинскими буквами, а также простые формулы могут быть набраны курсивом. Все латинские буквы в формулах выполняются курсивом, греческие и русские – обычным шрифтом, функции – полужирным обычным.

Термины и определения, единицы физических величин, употребляемые в статье, должны соответствовать действующим национальным или международным стандартам.

На последней странице рукописи должны быть подписи всех авторов. Статьи студентов, соискателей и аспирантов, кроме того, должны быть подписаны научным руководителем.

Редакция не ставит в известность авторов об изменениях и сокращениях рукописи, имеющих редакционный характер и не затрагивающих принципиальных вопросов.

Итоговое решение об одобрении или отклонении представленного в редакцию материала принимается редакционным советом и является окончательным.

ISSN 2074-1146

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации средства массовой информации –
ПИ № ТУ 78-01571 от 12 мая 2014 г.

Журнал входит в Российский индекс научного цитирования
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28520.
Журнал включен в перечень 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 следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки, по которым присуждаются ученые степени:
2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки);
5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки);
5.2.6. Менеджмент (экономические науки).

Электронная версия журнала расположена по адресу:
https://unecon.ru/nauka/izdaniya/zhurnal-tehniko-tehnologicheskie-problemy-servisa/e-version/
Журнал по подписке через предприятия связи не распространяется.
Свободная цена.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Технико-технологические проблемы сервиса

№2(76)/2026

Подписано в печать 15.05.2026 г. Дата выхода в свет 15.05.2026 г. Формат 60 x 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура TimesNewRoman. Печать офсетная. Объем 12,0 п.л. Тираж 500 экз. Заказ № 437

Адрес издателя и типографии: 191023, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А
Отпечатано на полиграфической базе СПбГЭУ