

Russian Journal of Water Transport

ISSN 2713-1858 (print)
ISSN 2713-1866 (online)

Научные проблемы
**ВОДНОГО
ТРАНСПОРТА**

Научные проблемы водного транспорта № 85 (4) 2025



№85 (4) 2025



<http://journal.vsuwt.ru>
DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt>

ISSN 2713-1858 (print)
ISSN 2713-1866 (on-line)

Научные проблемы водного транспорта

№85 (4) 2025

Предыдущее название «Вестник ВГАВТ» (2002-2019 гг.)

Издание посвящено актуальным вопросам водного транспорта России и публикует новые научные разработки, результаты исследований, методы, методики и технологии по таким важным для отрасли направлениям как судостроение, судоремонт, экологическая безопасность судна, эксплуатация судового энергетического оборудования, гидротехническое строительство, эксплуатация водного транспорта, судовождение и безопасность судоходства, экономика, логистика и менеджмент на транспорте.

Целью журнала является создание научного пространства для распространения передовых знаний в области водного и других видов транспорта на территории России и за рубежом. Повышение авторитета национальных публикаций в мировом научном сообществе. Материалы выпуска рекомендуются научным сотрудникам, преподавателям высших учебных заведений, инженерам, аспирантам и студентам соответствующих специальностей.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), Свидетельство ПИ № ФС77-77658 от 17 января 2020 г. Подписной индекс в объединённом каталоге «Пресса России»: **70191**

Выпускается с **2002 года**, периодичность выпуска - **4 раза в год**, форма выпуска *печатный, сетевой, язык русский, английский.*

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»).

Адрес учредителя, издателя и редакции: 603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5, Тел. +8(831) 419-51-84

▪ **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 (**Перечень ВАК**) по следующим специальностям:

2.5.17 Теория корабля и строительная механика

2.5.18 Проектирование и конструкция судов

2.5.19 Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства

2.5.20 Судовые энергетические установки и их элементы

2.9.7 Эксплуатация водного транспорта, водные пути, сообщения и гидрография

5.2.3 Региональная и отраслевая экономика

▪ Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

- Полные тексты статей журнала размещены в российских научных электронных библиотеках CyberLeninka, elibrary.ru, ЭБС «Лань», а также публикуются на сайте журнала <http://journal.vsuwt.ru>.
- Журнал подключен к международной системе библиографических ссылок Crossref
- Журнал предоставляет открытый доступ к полным текстам публикаций на основе лицензии Creative Commons (CC BY 4.0) .



Статьи принимаются в журнал в электронном виде на e-mail: journal@vsuwt.ru (или через сайт журнала <http://journal.vsuwt.ru>). Информация о порядке публикации и требованиях к оформлению статьи размещены на сайте журнала в разделе Авторам.

Редакция журнала осуществляет мониторинг корректного цитирования с помощью системы «Антиплагиат».

Редакция журнала осуществляет свою деятельность в соответствии с Положениями по соблюдению издательской этики, разработанными на основе международных стандартов:

1. положения, принятые на 2-ой Всемирной конференции по вопросам соблюдения добросовестности научных исследований (Сингапур, 22-24 июля 2010 г., <http://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/8102>);
2. положения, разработанные Комитетом по этике научных публикаций (The Committee on Publication Ethics – COPE, <http://publicationethics.org/resources/guidelines>);
3. нормы главы 70 «Авторское право» Гражданского кодекса Российской Федерации <http://www.gk-rf.ru/glava70>.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Научные проблемы водного транспорта» проходят обязательное двустороннее анонимное («слепое») рецензирование, Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов. Мнение членов редколлегии и редакции может не совпадать с точкой зрения авторов публикации.

Редакция и Редколлегия

Главный редактор

Кузьмичев Игорь Константинович, д.т.н., профессор, ректор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Заместители главного редактора

Бурмистров Евгений Геннадьевич, д.т.н., профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Митрошин Сергей Григорьевич, к.т.н., доцент, проректор по конвенционной подготовке и международной деятельности

Ответственный редактор

Гордлеев Сергей Дмитриевич, начальник Управления по научной и инновационной деятельности, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Ответственный секретарь

Раева Ольга Александровна, начальник издательского отдела, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Члены Редколлегии

Безюков Олег Константинович, д.т.н., профессор, академик РАТ, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. С.-Петербург, Россия;

Белых Владимир Николаевич, д.т.н., профессор, академик РАТ, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. С.-Петербург, Россия;

Бик Юрий Игоревич, д.т.н., профессор, Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия;

Ваганов Александр Борисович, д.т.н., доцент, Институт транспортных систем Нижегородского государственного технического университета им.Р.Е.Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия;

Вычужанин Владимир Викторович, д.т.н., профессор, член-корреспондент Транспортной академии Украины, Одесский национальный морской университет, г. Одесса, Украина;

Гаврилов Александр Иванович, д.э.н., профессор, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Москва, Россия;

Гирич Станислав Николаевич, к.т.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Грамузов Евгений Михайлович, д.т.н., профессор, Институт транспортных систем Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия;

Домнина Ольга Леонидовна, к.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Ермаков Станислав Александрович, д.ф.-м.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Казаков Николай Николаевич, к.т.н., доцент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Беларусь;

Кириченко Александр Викторович, д.т.н., профессор, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова;

Корнилов Дмитрий Александрович, д.э.н., профессор, академик РАЕН, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия;

Королёв Юрий Юрьевич, к.э.н., доцент, Институт бизнеса и менеджмента технологий Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь;

Королева Елена Арсентьевна, д.э.н., профессор, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. С.-Петербург, Россия;

Костров Владимир Николаевич, д.э.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Кочнев Юрий Александрович, д.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Лаврентьева Елена Александровна, д.э.н. профессор, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. С.-Петербург, Россия;

Лапаев Дмитрий Николаевич, д.э.н., профессор, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

Липатов Игорь Викторович, д.т.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Мареев Евгений Анатольевич, д.ф.-м.н., профессор, академик РАН, заместитель директора ИПФ РАН по научной работе, Нижний Новгород, Россия;

Матвеев Юрий Иванович, д.т.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Метёлкин Павел Владимирович, д.э.н., профессор, Российский университет транспорта РУТ (МИИТ), институт экономики и финансов, г. Москва, Россия

Минеев Валерий Иванович, д.э.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Никущенко Дмитрий Владимирович, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, г. С.-Петербург, Россия;

Ничипорук Андрей Олегович, д.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Пластинин Андрей Евгеньевич, д.т.н., доцент, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Решняк Валерий Иванович, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, г. С.-Петербург, Россия.

Роннов Евгений Павлович, д.т.н., профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Сафаров Айрат Муратович, д.т.н., Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия

Сахно Константин Николаевич, д.т.н., профессор, Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Ситнов Александр Николаевич, д.т.н. профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Сичкарев Виктор Иванович д.т.н., профессор, профессор кафедры Судовождения, Сибирский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «СГУВТ»)

Соловьев Алексей Валерьевич, д.т.н. заместитель директора, ФАУ Российский Речной Регистр, Верхне-Волжский филиал, г. Нижний Новгород, Россия;

Удалов Олег Федерович, д.э.н., профессор, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия;

Уметалиев Акылбек Сапарбекович, д.э.н., профессор, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Киргизстан;

Уртминцев Юрий Николаевич, д.т.н. профессор, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия;

Цветков Юрий Николаевич, д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, г. С.-Петербург, Россия.



<http://journal.vsuwt.ru>
DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt>

ISSN 2713-1858 (print)
ISSN 2713-1866 (on-line)

Russian Journal of Water Transport №85 (4) 2025

The previous name «Bulletin of VSAWT» (2002-2019)

The journal is devoted to the topical issues of water transport in Russia and publishes scientific materials, research results, methods and technologies in such important areas for the industry as shipbuilding, ship repair, environmental safety of a ship, operation of ship power plants, hydraulic engineering, navigation, navigation safety, economics, logistics and transport management.

The purpose of the journal is the scientific area creation for dissemination of advanced knowledge in the field of water and other kinds of transport in Russia and abroad and for the increasing authority of national publications in global scientific community. The materials of the issue are recommended for researches, teachers of higher educational institutions, engineers, graduate students and students of the relevant specialties.

The journal is registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor) certificate PI No. FS77-77658 dated January 17, 2020. Subscription index in the united catalog «Press of Russia»: 70191.

The journal has been published since 2002, **4 times a year**; the form of issue is *printed, networked*, language *Russian and English*

Founder and publisher: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volga State University of Water Transport»

Founder, publisher and editorial address: 603950, Russian Federation, Nizhny Novgorod, st. Nesterova, 5, Tel. +8 (831) 419-51-84

▪ The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications, in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of science, for the degree of doctor of sciences (List of Higher Attestation Commission) in the following specialties should be published:

- 2.5.17 Theory of the ship and structural mechanics
- 2.5.18 Ship design and construction
- 2.5.19 Technology of shipbuilding, ship repair and organization of shipbuilding production
- 2.5.20 Ship power plants and their elements
- 2.9.7 Operation of water transport, waterways, communications and hydrography
- 5.2.3 Regional and sectoral economy

▪ The journal is included in the system of the Russian Science Citation Index (RSCI)

- The full texts of the journal articles are posted in the Russian scientific electronic libraries CyberLeninka, elibrary.ru, EBS «Lan», and are also published on the journal's website <http://journal.vsuwt.ru/>
- The journal is connected to the international system of bibliographic references Crossref
- The journal provides open access to the full text of publications on a license basis Creative Commons (CC BY 4.0)



Articles are accepted in the journal in electronic form by e-mail: journal@vsuwt.ru (or through the magazine's website <http://journal.vsuwt.ru/>)

Information about the publication procedure and requirements for the article formatting is posted on the journal's website in the For Authors section. The editorial board of the journal monitors the correct citation using Antiplagiat system.

The editorial board of the journal carries out its activities in accordance with the Provisions on the observance of publishing ethics, developed on the basis of the international standards:

1. provisions adopted at the 2nd world conference on integrity of scientific studies (Singapore, July 22-24, 2010; <http://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/8102>);
2. provisions developed by the Committee on publication ethics (The Committee on Publication Ethics – COPE; <http://publicationethics.org/resources/guidelines>);
3. norms of Chapter 70 «Copyright» of the Civil code of the Russian Federation <http://www.gk-rf.ru/glava70>

All scientific articles submitted to the editorial office of the journal «Scientific Problems of Water Transport» are subject to mandatory bilateral anonymous («blind») reviewing. All reviewers are recognized experts on the subject of the reviewed materials. The opinion of the members of the editorial board and editorial staff may not coincide with the authors point of view.

Editorial Team

Editor In chief: Igor K. Kuzmichyov, Dr. Sci. (Tech.), professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia

Editor In chief deputy: Evgeniy G. Burmistrov, Dr. Sci. (Tech.), professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia

Editor In chief deputy: Sergey G. Mitroshin, Cand. Sci. (Tech.), Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia

Contributing Editor: Sergey D. Gordleev, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia

Executive Secretary: Olga A. Raeva, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia

Editorial board

Oleg K. Bezyukov, Dr. Sci. (Tech), professor, academician of Russian Transport academy, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St.-Petersburg, Russia;

Vladimir N. Belikh, Dr.Sci. (Phys-Math.), professor, Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Yuriy I. Bik, Dr. Sci. (Tech.), professor, Siberian state university of water transport, Novosibirsk, Russia;

Alexandr B. Vaganov, Dr. Sci. (Tech.), assistant professor, Institute of transportation system of NSTU, named after R.E. Alekseyev, Nizhny Novgorod, Russia;

Vladimir V. Vichyuzhanin, Dr. Sci. (Tech.), professor, corresponding member of Academy of transport of the Ukraine, Odessa National maritime university, Odessa, Ukraine;

Alexandr I. Gavrilov, Dr. Sci. (Econ.), professor, FSBEE H.Ed.» Russian academy of national economy and public service under the President of Russian Federation, Moscow, Russia;

Stanislav N. Guirin, Cand. Sci. (Tech.), Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Evgeniy M. Gramuzov, Dr. Sci. (Tech.), professor, Institute of Transportation System NSTU, named after R.E. Alekseyev, Nizhny Novgorod, Russia;

Olga L. Domnina, Cand. Sci. (Tech.), assistant professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Stanislav A. Yermakov, Dr. Scs. (Phys-Math.), professor, Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Nikolay N. Kazakov, Cand. Sci. (Tech.), deputy dean of Belorassian State University of Transport, Gomel, Belarus;

Alexandr V. Kirichenko, Dr. Sci. (Tech.), professor, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St.-Petersburg, Russia;

Dmitriy A. Kornilov, Dr. Sci. (Econ.), professor, NSTU, named after R.E. Alekseyev, Nizhny Novgorod, Russia;

Yuriy Yu. Korolyov, Cand. Scs. (Econ.), assistant professor, Belorussian state university (I.B.M.T BSU), Minsk, Belarus;

Elena A. Koroleva, Dr. Sci. (Econ.), professor, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St.-Petersburg, Russia;

Vladimir N. Kostrov, Dr. Sci. (Econ.), professor, Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Yuri A. Kochnev, Dr. Sci. (Tech.), assistant professor, Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Dmitriy N. Lapaev, Member of RANS, Dr. Sci. (Econ.), Deputy Director for Research of the Institute of Economics and Management of Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev

Yelena A. Lavrentyeva., Dr. Sci. (Econ.), professor, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St.-Petersburg, Russia;

Igor V. Lipatov, Dr. Sci. (Tech.), professor, Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Evgeniy A. Mareev, Dr. Sci. (Phys-Math), Federal Research Center Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, full member, Nizhny Novgorod, Russia;

Yuriy I. Matveyev, Dr. Sci. (Tech.), professor, Volga state unuversity of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Pavel V. Metelkin, Dr. Sci. (Econ.), professor, Russian university of transport (MIIT), Moscow, Russia;

Valeriy I. Mineev, Dr. Sci. (Econ.), professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Dmitriy V. Nikushenko, Dr. Sci. (Tech.), professor, State Marine Technical University, St.-Petersburg, Russia;

Andrey.O. Nichiporuk, Dr. Sci. (Tech.), assistant professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Andrey.E. Plastinin, Dr. Sci. (Tech.), Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Valeriy I. Reshnyak, Dr. Sci (Tech.), professor, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St.-Petersburg, Russia;

Evgeniy P. Ronnov, Dr. Sci. (Tech.), professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Airat M. Safarov, Dr. Sci. (Tech.), Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia;

Konstantin N. Sakhno, Dr. Sci. (Tech.), professor, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia;

Alexandr N. Sitnov, Dr. Sci. (Tech.), professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Viktor I. Sichkarev Doctor of Technical Sciences, Professor of Navigation Department, Siberian State University of Water Transport,

Alexey V. Soloviev, Dr. Sci. (Tech.), associate Director, Upper Volga branch of the Russian River Register, Nizhny Novgorod, Russia;

Oleg F. Udalov, Dr. Sci. (Econ.), professor, FSAEI H.Ed. NNSU named after Lobachevsky, Nizhny Novgorod, Russia;

Akylbek S. Umetalyev, Dr. Sci. (Econ.), professor, Kyrgyz State Technical University named after Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan;

Yuriy N. Urtmintsev, Dr. Sci. (Tech.), professor, Volga state university of water transport, Nizhny Novgorod, Russia;

Yuriy N. Tsvetkov, Dr. Sci (Tech.), professor, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St.-Petersburg, Russia.

СОДЕРЖАНИЕ

Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна

И.Ю. Гордлева, Н.М. Прокопенко

Канатная дорога (переправа) на мускульной тяге: экспериментальная модель 13

А.Г. Назаров, А.С. Пентегов, С.А. Королев

Особенности классификации хаусботов, обеспечения их безопасности и эксплуатационных качеств 26

В. М. Родюшкин, А. Б. Корнев, Е. А. Давыдов, К. О. Каразанов

Оценка структурных изменений основного металла валов, восстанавливаемых многократной наплавкой 40

О.А. Щеголева

Текущее состояние, проблемы и перспективы применения промышленных роботов в сборочно-сварочных цехах отечественных верфей 49

С.Г. Яковлев

Обоснование геометрических параметров рабочего колеса грунтового насоса 57

Судовое энергетическое оборудование

В.Л. Конюков

Характеристики судовой активной турбинной ступени, приводящей вспомогательные механизмы рабочими колесами встречного вращения 65

Н.А. Лаптев, Ю.И. Матвеев, М.Ю. Храмов

Математическое моделирование подачи газозоодушнoй смеси в дизельный двигатель при использовании газового устройства 75

Экономика, логистика и менеджмент на транспорте

Р.И. Каравашкина, Ю.Р.Гуро-Фролова, О.О.Бодров

Инновации и трудовые отношения на водном транспорте: на примере зарубежного и отечественного опыта 85

Ю.С. Китаева, А.В. Кириченко

Имитационное моделирование процесса организации Северного завоза в нотации BPMN 2.0 системы «Bizagi Modeler» 94

В.В. Крайнова

Налогообложение НДС при организации скоростных пассажирских перевозок в рамках реализации проекта «Речные магистрали» 103

И.Ю. Кудрявцева

Демографический кризис в России и его влияние на экономическую безопасность. 113

А.С. Левизов, Р.Р. Измайлов

Перспективы развития международного круизного туризма 129

Ж. Ю. Пыжова, П. Н. Пешехонов, Р. М. Юсупов, А. А. Абросимова

Безбилетный проезд – угроза безопасности пригородному железнодорожному комплексу или обществу 138

М.В. Фирсов Алгоритм разработки логистических агентов для динамического расчета маршрута, справочной системы предприятия и транзакций	153
С. В. Шевченко, А. А. Шкурин Методика оценки эффективности логистических схем доставки проектных грузов с использованием водного транспорта	166

Эксплуатация водного транспорта, водные пути, сообщения и гидрография

С.В. Ермаков, Е.В. Мулина Концепция навигационного поля	176
В.А. Лобанов, В.И. Тихонов, Ю.Н. Уртминцев Ледовый паспорт речного ледокола: особые работы	191
К.А. Савченков, А.В. Лобанов Создание Морской администрации в Российской Федерации: правовые основы и зарубежный опыт	198
К.С. Мочалин, А.А. Приваленко Сравнительный анализ систем контроля уровня топлива, обоснование гибридной микропроцессорной системы для речных судов	214
О.Д. Шишкина, Д.В. Доброхотова, И.А. Капустин, А.А. Мольков Исследование влияния сбросного режима Нижегородского гидроузла на гидрологические условия в его нижнем бьефе	224

CONTENTS

Shipbuilding, ship repair and ecological safety of the ship

Irina Y. Gordleeva, Nikita M. Prokopenko

Muscle-powered cable car (ferry): The experimental model 13

Albert G. Nazarov, Andrey S. Pentegov, Sergey A. Korolev

Specifics of classification of houseboats, ensuring their safety and operational qualities 26

Vladimir M. Rodyushkin, Andrey B. Kornev, Evgeny A. Davydov

Structural changes assessment in the base metal of shafts restored by repeated surfacing... 40

Olga A. Shchegoleva

Current status, problems and prospects for the use of industrial robots in assembly and welding shops of domestic shipyards 49

Sergey G. Yakovlev

Justification of geometric parameters of the ground pump impeller 57

Ship power equipment

Viacheslav L. Konyukov

Characteristics of the ship's active turbine stage that drives auxiliary mechanisms with counter-rotating impellers..... 65

Nikolai A. Laptev, Yuri I. Matveev, Mikhail Y. Khramov

Mathematical modeling of gas-air mixture supply in a diesel engine using a gas device..... 75

Economics, logistics and transport management

Renata I. Karavashkina, Yulya R. Guro-Frolova, Oleg O. Bodrov

Innovations and labor relations in water transport: on the example of foreign and domestic experience..... 85

Yulia S. Kitaeva

Simulation modeling of the Northern Delivery organization process in BPMN 2.0 notation using the «Bizagi Modeler» system..... 94

Vera V. Krainova

VAT taxation in organizing high-speed passenger transportation within the framework of the implementation of the «River mains» project..... 103

Irina Y. Kudryavtseva

Demographic crisis in Russia and its impact on economic security 113

Alexey S. Levizov, Rinat R. Izmailov

Prospects of international cruise tourism development 129

Zhanna Yu. Pyzhova, Pavel N. Peshekhonov, Rustam M. Yusupov, Anna A. Abrosimova

Stowaway travel is a threat to the safety of a suburban railway complex or society 138

Michail V. Firsov

Algorithm for developing logistics agents for dynamic route calculation, enterprise reference system, and transactions..... 153

<i>Sergey V. Shevchenko, Anton A. Shkurin</i> Methodology for assessing the effectiveness of logistics schemes for the delivery of project cargo using water transport.....	166
--	-----

Water transport operation, waterways communications and hydrography

<i>Sergey V. Ermakov, Elena V. Mulina</i> Navigation field concept.....	176
---	-----

<i>Vasily A. Lobanov, Vadim I. Tikhonov, Yuri N. Urtmintsev</i> Ice passport of a river icebreaker: special works	191
---	-----

<i>Klim A. Savchenkov, Alexey V. Lobanov</i> Establishment of the Maritime administration in the Russian Federation: legal framework and international experience.....	198
---	-----

<i>Konstantin S. Mochalin, Alexey A. Privalenko</i> Comparative analysis of fuel level monitoring systems and justification of a hybrid microprocessor-based system for river vessels	214
--	-----

<i>Olga D. Shishkina, Darya V. Dobrokhotova, Ivan A. Kapustin, Alexander A. Molkov</i> A study of impact of discharge regime of Nizhny Novgorod hydroelectric complex on hydrological conditions of its lower reaches.....	224
---	-----

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СУДНА

SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ECOLOGICAL SAFETY OF THE SHIP

УДК 625.1/.5+62-877+656.97

DOI: 10.37890/jwt.vi85.609

Канатная дорога (переправа) на мускульной тяге: экспериментальная модель

И.Ю. Гордлеева

ORCID: 0009-0008-2079-4406

Н.М. Прокопенко

ORCID: 0009-0004-5650-0589

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Предлагается совершенно новый экономичный тип канатной дороги на малых расстояниях (до 300 м), функционирующий с помощью мышечных усилий человека. Приведены обоснования для разработки канатной дороги на мускульной тяге. Рассмотрены области применения данной системы канатных дорог как транспортное средство, переправа через реки в отдаленных местностях, переправа в областях со сложным рельефом, а также, как аттракцион для туристов в черте города. Проанализированы вариации исполнения нескольких типов канатных дорог на мускульной тяге: линейные, кольцевые, сложные системы из нескольких линий. Предложены возможные места для создания пробных установок на коротких переправах в городе Нижний Новгород. Разработан механизм перемещения кабины по неподвижному тросу, энергию движения которой сообщают непосредственно пассажиры изнутри кабины. Приведены расчеты механических характеристик с учетом среднестатистических возможностей пассажиров и разным количеством пассивных и активных пассажиров, представлены преимущества данной канатной дороги перед традиционными по множеству показателей. Разработан малогабаритный макет кабины для проведения экспериментов по работе канатной дороги. Представлены результаты первичных экспериментов по работе модели канатной дороги, а также приведено сравнение экспериментальных данных с теоретическими расчетами.

Ключевые слова: Канатная дорога, мускульная тяга, скоростные показатели, альтернативный вид транспорта, туристический объект, переправа на малых расстояниях, 3D модель, экспериментальный макет, эксперимент.

Muscle-powered cable car (ferry): The experimental model

Irina Y. Gordleeva

ORCID: 0009-0008-2079-4406

Nikita M. Prokopenko

ORCID: 0009-0004-5650-0589

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. A completely new economical type of cableway for short distances (up to 300 m) is proposed, operating with the help of human muscular efforts. The rationale for developing a cableway using muscular traction is given. The application areas of this cableway system as a means of transport, river crossing in remote areas, crossing in areas with complex terrain, and as an attraction for tourists within the city are considered. The variations of the design of several types of muscle-powered cableways are analyzed: linear, ring track, complex systems of several lines. Possible locations for creating trial installations on short crossings in the city of Nizhny Novgorod have been proposed. A mechanism for moving a cabin along a fixed cable has been developed, the energy of which is transmitted directly by passengers from inside the cabin. Calculations of mechanical characteristics are given taking into account the average statistical capabilities of passengers and different numbers of passive and active passengers, the advantages of this cable car over traditional ones are presented in many indicators. A small-sized model of a cabin has been developed for conducting experiments on the operation of the cable car. The results of primary experiments on the operation of the cable car model are presented, and a comparison of experimental data with theoretical calculations is provided.

Keywords: Cable car, muscle traction, speed indicators, alternative mode of transport, tourist facility, short-distance ferry, 3D model, experimental model, experiment.

Обоснование идеи канатной дороги на мускульной тяге

1. Среди всех транспортных путей (дорожное полотно, мосты, железная дорога) канатные дороги являются самыми дешевыми в возведении, они могут использоваться в труднодоступных горных районах, как переправы через реки, отлично вписываются в городскую среду, как туристический объект. Очевидными плюсами является их достаточно простая и малозатратная установка по сравнению с другими путями сообщения, они могут быть расположены в местах, где дороги для других видов транспорта строить невыгодно или невозможно. Взять, к примеру, канатную дорогу, соединяющую центральный район Нижнего Новгорода на одном берегу Волги и г.Бор на другом [1]. Изучение условий городской среды в Нижнем Новгороде, исследование ландшафта местности, выявляют проблемы логистики и распределения пассажиропотоков. Несмотря на наличие пяти мостов в пределах города, ощущается нехватка транспортных сообщений, ежедневно в часы пик можно наблюдать большое скопление автомобилей перед мостами и на них. Возведение мостов и прокладки автодорожного полотна к ним является дорогостоящим даже для федерального бюджета. Канатная дорога стала хорошей альтернативой, которая за время эксплуатации продемонстрировала абсолютную востребованность у населения, проживающего и работающего на разных берегах Волги.

2. Есть и минусы: «канатки» потребляют большое количество электроэнергии, стоимость проезда высокая, работают не круглосуточно, так как при малом пассажиропотоке становятся убыточными.

3. Также стоит отметить, что технический прогресс сегодня практически заменил физический труд, а на протяжении тысячелетий сформировалась потребность человека использовать свои мышцы, что объясняет огромные потоки народа в фитнес центрах, на тренажерах, беговых и велодорожках. Люди готовы платить, чтобы потратить физическую энергию, потенциал которой сложился на генетическом уровне и по объективным причинам требует выхода.

Совокупность этих факторов стала причиной возникновения идеи канатной дороги на мускульной тяге, которая не имеет аналогов и, по нашему мнению, должна быть весьма востребована.

Очевидными достоинствами такой «канатки» являются простота ее конструкции и механизмов, отсутствие необходимости в традиционных источниках энергии, как следствие низкая стоимость проезда, простое обслуживание и ремонт и, что существенно, экологичность.

Сферы применения

В силу малой мощности (расчеты показывают в 6 раз меньше, чем традиционные канатные дороги), рассматривается несколько возможных направлений назначения данной канатной дороги:

- Как альтернативный вид транспорта на коротких расстояниях (переправах, до 200-300 м), не требующий никаких источников энергии кроме собственных мышечных усилий, может быть использован в труднодоступных районах или населённых пунктах с горным ландшафтом, где нужен пеший переход. Наши кабинки вмещают до 4-х пассажиров и будут способны перевозить небольшой груз;
- Как необычный туристический объект городской среды, легко воздвигаемый на сложных участках с перепадом высот, с обзором достопримечательностей с высоты (по принципу передвигающейся смотровой площадки);
- В качестве аттракциона наподобие колеса обозрения, только с перемещением вдоль маршрута. При этом аналогов в открытом доступе интернета не найдено, поэтому интерес к такому объекту ожидаем большой.

Как известно, традиционные канатные дороги с электроприводом представляют собой в большинстве случаев закольцованный движущийся трос, который переносит пассажирские кабинки, жестко скрепленные с ним. В предлагаемом проекте рассматривается неподвижный трос с перемещающейся по нему кабиной (как по рельсам), при этом движение осуществляется из салона кабины с помощью её пассажиров.

Для изначального проекта рассматриваются переправы на короткие расстояния на одной прямой. Для такой системы необходимо установить две точки опоры – «станции», на которых производится посадка и высадка пассажиров. Между этими точками натягиваются два опорных каната, по которым будет перемещаться кабинка. Сама кабинка будет передвигаться между станциями без поворотов, велосипеды внутри позволяют пользоваться ими в обоих направлениях. Так же рассчитывается установить третий, страховочный канат, который необходим, чтобы возвращать кабинку с противоположного берега при помощи лебедки. В таком исполнении данная переправа будет требовать минимального обслуживания и будет доступна пассажирам в любое время, не требуя электричества.

В случае, когда подобная система рассматривается как аттракцион на малых расстояниях, канатная дорога может быть в простом исполнении, как было описано ранее. Например, для перемещения через овраг в городе. Но также было предложено создавать систему из опорных точек, по которым будет проложены пути движения кабинок.

В одном из исполнений пассажир может передвигаться только между двумя стоянками, пересаживаясь на новую кабинку на каждой станции. Такой вариант канатной дороги может быть представлен системой из вышек, возвышающихся над парком или другими зонами отдыха, где на каждой из остановок будет находиться смотровая площадка. В дальнейшем предстоит проработать логистический вопрос такого варианта проекта, т.к. может возникнуть вероятность того, что пассажиры будут долго ожидать занятые кабинки на смотровых площадках, если поток людей будет

велик или одна из кабинок с пассажирами в силу субъективных причин будет очень медленной.

Другой вариант исполнения такого аттракциона – закольцованная трасса, идущая по опорным точкам. В этом случае кабина так же будет двигаться по канатам между опорами, а на самих точках опоры (промежуточных станциях) будет переходить с каната на рельсы, по которым будет совершён поворот, с последующим переходом на следующую линию канатов. В таком случае подразумевается движение нескольких кабин по одной трассе движения, что в некоторых случаях может приводить к заторам из-за разной скорости перемещения участников. В любом случае, для каждого географического места, выбранного варианта исполнения такой канатной дороги должен быть разработан индивидуальный проект, учитывающий дизайн, архитектуру, логистику и безопасность инженерного объекта. Для соответствия требованиям безопасности, предъявляемых к канатным дорогам в экстренных ситуациях, когда кабинка, к примеру, застревает по каким-либо причинам в промежуточном состоянии между опорами, было рассмотрено два варианта. Так же было предложено создание малой моторизованной кабинки для экстренных ситуаций.

Для примеров мест установки данной канатной дороги рассматривался город Нижний Новгород. Рельеф и география города позволяют найти множество мест, подходящих для установки такой канатной дороги. Центральная часть города находится на холмах, между которыми проходят овраги, разделяющие части городского центра друг от друга. Для преодоления оврагов существуют пешеходные мосты, но можно установить канатную дорогу на мускульной тяге параллельно существующим переходам, создавая новую линию перехода от одной части возвышенности до другой.

Также как пример места, на котором можно установить канатную дорогу рассматривался гребной канал – канал отделяется от волги небольшим продолговатым полуостровом, на котором оборудованы пляжи и зоны отдыха. Пляжи находятся с противоположной стороны канала, от главного берега волги, и путь к ним лежит по длине канала. Линия канатной дороги на мускульной тяге даст отдыхающим возможность пересекать гребной канал по воздуху, тем самым значительно сократив путь. Обычный путь занимает около 1.5 км, сокращенный (от точки начала полуострова) занимает около 1 км (длина «канатки» в данном случае около 200 м), но канатная дорога сразу и напрямую выходит к набережной (рис1, слева).



Рис. 1. Варианты установки канатной дороги
(слева: на Гребном канале, справа: с берега Стрелки до о.Гребневские пески)

Другие из рассмотренных мест – парк на стрелке Волги и Оки. Предлагается создать линию движения с берега р.Оки до острова Гребневские пески (малый затопляемый остров в центре реки), установив на данном острове вышку, на которой можно оборудовать смотровую площадку (рис1, справа).

Так же можно установить подобные прогулочные маршруты вдоль набережных или по паркам, например линии на короткие дистанции можно установить в парке Швейцария, который находится на краю дятловых гор с видом на р. Оку.

Еще одним местом возможной установки канатной дороги может быть почайнский овраг, отделяющий главную улицу города Б.Покровскую от набережной Федоровского – два популярных прогулочных места. Установив канатные линии, можно создать новые пути для перехода через овраг (ширина оврага около 100м) и тем самым разнообразить прогулки по городу [1].

Есть множество мест, где установка такой канатной дороги является не просто аттракционом, а необходимостью, например, на отдалённых малых реках и притоках Волги и Оки.

Основные технические параметры

Для упрощения и расчета основных характеристик движения в дальнейшем рассматривался только самый простой вариант канатной дороги – на прямолинейном участке между двух опор. В таком исполнении механика перемещения кабины сводится к расчету выходной скорости (V_1) при заданных входных массовых и силовых параметрах кабины с пассажирами и механизмами. В задаче проектирования простого и оптимального передаточного механизма и его рабочих узлов также должно быть предусмотрено соответствие требованиям безопасности, предъявляемым к канатным дорогам [2, 3].

Выходная скорость перемещения кабины с пассажирами по тросу, как основная характеристика движения любого транспортного средства, задавалась диапазоном комфортных для человека скоростей, чтобы преодолеваемое расстояние не было психологически затянутым во времени. Это скорости кабины в диапазоне 1 – 15 км/ч (0.28 – 4.2 м/с). Входными параметрами являются массы отдельных частей - m_i (либо моменты инерции вращающихся звеньев) и мускульная тяга пассажиров – $F_{тяги}$ либо механическая мощность N источника энергии, т.е. активных пассажиров. Передаточный механизм с мускульным приводом выбран на комбинации цепной и ремённой передач, являющихся достаточно распространенными на отечественном рынке, с большим диапазоном предложения, достаточно простыми и дешевыми при монтаже, эксплуатации и ремонте, и что немаловажно, с достаточно высоким КПД.

$\eta_{системы} = 0,85 * 0,95 \approx 0,8$, где $\eta_{системы}$ – КПД ремённой и цепной передач [4].

Рассматривалось два варианта компоновки кабины на четырех (рис.2, схемы слева) и двух человек (рис.2, 3D модель на 2 велопривода).

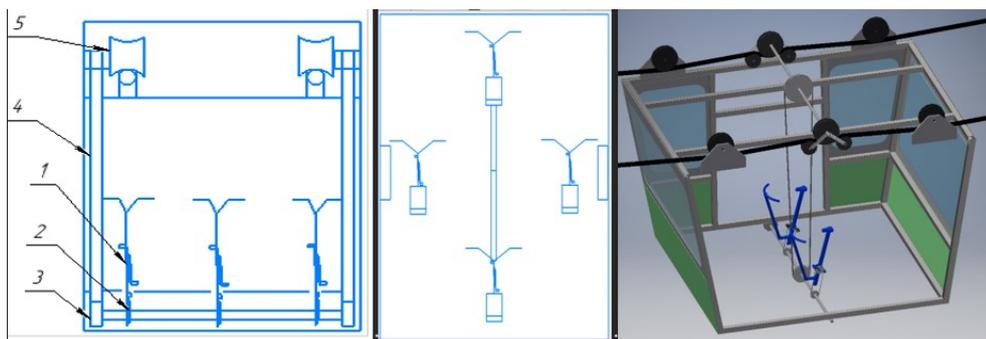


Рис. 2. Варианты компоновки кабины с пассажирами и велоприводами
 На схеме слева: 1- педали с цепной передачей, 2- вал, 3, 4 – ролик и ремень ремённой передачи, 5- ролик-каток на трос

Суммарная мощность от всех участников, вращающих педали, передается в виде крутящего момента на один вал, с него через ременную передачу на катки, осуществляющие качение по тросам, приводя в движение кабину с пассажирами. Самым сложным узлом является именно система катков, которая должна обеспечивать хорошее сцепление с тросом, быть прочной и износостойкой, надежной при дополнительных силовых воздействиях бокового и встречного ветра, возникающих моментов крена при смещении центра тяжести и других негативных факторах. Выявление неучтенных воздействий динамического расчета системы предусматривает экспериментальное исследование на макете, описанное ниже.

Вернемся к определению входных силовых характеристик движения. Мощность пассажиров, приводящих в движение кабину, зависит от их мускульной тяги, которая является индивидуальным параметром каждого человека и зависит от пола, возраста и тренированности, а так же групп мышц, задействованных в работе с их разными показателями по силе и выносливости. Эти независимые между собой физические характеристики осложняют выбор единой механической мощности и расширяют диапазон ее величин от минимума до максимума.

Было проведено исследование, какие группы мышц по силе и выносливости удовлетворяют наиболее оптимальному решению задачи, так как приводить в движение кабину по тросу можно по-разному: ручными механизмами, вращением педалей, с помощью эллиптического тренажера, тренажера, имитирующего греблю и другими способами. Для выбора наилучших показателей сил разных групп сгибателей и разгибателей рук, ног, спины использовался метод Азмюзена [5], силовые значения мышц (в кг) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатель (кг)	Возраст, лет									
	20		25		35		45		55	
	мрк	жен	мрк	жен	мрк	жен	мрк	жен	мрк	жен
Сила кисти (±16%)*	55,9	37,5	59,9	38,5	58,8	38,0	55,6	35,6	51,6	32,7
Сила разгибателей туловища (±16%)	81,6	56,6	87,4	58,3	90,7	59,2	89,8	57,7	85,7	49,1
Сила сгибателей туловища (±17%)	60,6	40,9	64,2	42,2	66,7	42,4	66,0	41,5	63,0	33,6
Сила разгибателей ног сидя (±18,5%)	295	214	310	225	312	212	296	197	263	162

В таблице приведены показатели силы различных мышечных групп, полученные при обследовании около 600 человек (средний рост мужчин 171 см, женщин — 167 см).

Силовые индексы получают делением показателей силы на вес и выражают в процентах (%). Средними величинами силы кисти у мужчин считается 70—75% веса, у женщин — 50—60%; для становой силы у мужчин — 200—220%, у женщин — 135—150%. У спортсменов соответственно — 75—81% и 260—300%; у спортсменок — 60—70% и 150—200%.

Процентные показатели силы, приведенные в таблице, были переведены в размерность величины в ньютонах, и этот параметр был усреднен с запасом в меньшую сторону до 30 кг или примерно 300 Н тяги. Наибольшей мощностью по таблицам значений обладают разгибатели ног, поэтому в качестве привода от этой группы мышц был выбран принцип велосипеда.

Такие же показатели выдает программа ИИ DeepSeek при запросе о мускульной тяге человека. По совокупности всех мышечных характеристик (сила, выносливость, возраст, пол и др.) искусственный интеллект оставляет выбор за икроножными мышцами ног.

Итак, в выбранном варианте перемещение кабины происходит с помощью крутящего момента от вращения педалей мускульного привода, передающего движение через ременную передачу на внешние ролики, осуществляющие качение кабинки по неподвижному тросу.

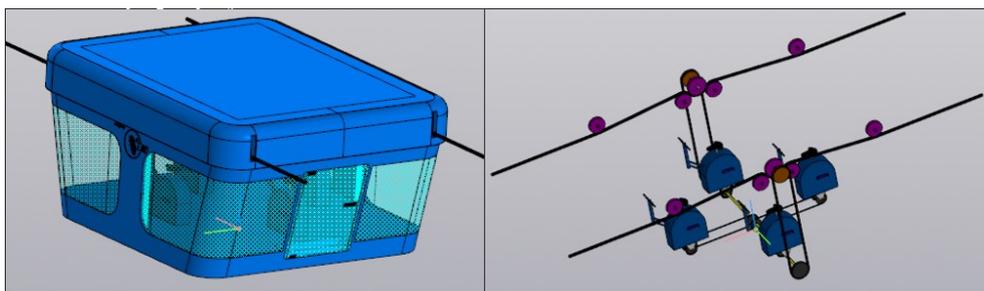


Рис. 3. Вариант кабины на четырех пассажиров, смоделированный в Компас-3D

Первоначальные расчеты предполагали кабинки, рассчитанные на 4 пассажиров и 4 велопривода (рис.3). Расположение сидений было выбрано ромбом, чтобы при любом количестве человек внутри от одного до четырех, сохранять баланс кабинки, но за счет того, что кабина устанавливается на 2 троса, необходимости в таком расположении скорее всего не потребуется. Были проведены расчеты работы данной системы при разном количестве пассивных и работающих пассажиров, а также при подъеме на разном уклоне троса от 0 градусов до 18° относительно горизонта. При большем уклоне качение роликов по тросу начинает происходить с проскальзыванием или мускульной тяги пассажиров становится недостаточно, чтобы попасть в диапазон комфортных скоростей кабинки.

Были сформированы следующие исходные данные:

Масса кабинки $m_1 = 300$ кг,

Масса одного пассажира $m_2 = 80$ кг,

Масса велопривода (механизм цепной передачи) $m_3 = 10$ кг
(их в кабине четыре)

Масса катков (механизм ременной передачи) $m_4 = 5$ кг,

Усредненная скорость вращения педалей $\omega = 6,28$ 1/с (один оборот в секунду)

Расчетные характеристики по:

Момент вращения, создаваемый одним пассажиром

$$M_{вр} = F_{тяги} \cdot R = 51 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $F_{тяги} = 300$ Н,

$R = 0.17$ м (длина шатуна педалей велосипеда для взрослого человека),

Механическая мощность пассажира

$$N = M_{вр} \cdot \omega = 320 \text{ Вт}.$$

Изменение выходной скорости кабинки V_1 вычислялось известным соотношением динамики [6, 7] по кинетической энергии механической системы T и суммарной работе внешних и внутренних сил системы

$$T - T_0 = \Sigma A_e + \Sigma A_i, \text{ где}$$

$$T = T_1 + nT_2 + 2T_3 + 2T_4,$$

$$T_1 = \frac{m_1 V_1^2}{2}; T_2 = \frac{m_2 V_1^2}{2}; T_3 = \frac{3}{4} m_3 V_1^2; T_4 = \frac{3}{4} m_4 V_1^2;$$

При равномерном или ускоренном движении кабинки работа движущих сил должна преодолеть работу сил сопротивления

$$\Sigma A_{движ} + \Sigma A_{сопр} = 0,$$

либо в мощностях

$$\Sigma N_{движ} + \Sigma N_{сопр} = 0, \text{ где } N = F \times V \text{ или } N = M \times \omega$$

Численные расчеты показывают, что один пассажир сможет развивать скорости выше 2 м/с при горизонтальном положении тросов и может перемещаться, теоретически, со скоростью 1 м/с на тросе под уклоном до 18°. Движение кабины возможно даже при одном работающем пассажире из четырех, развиваемая скорость при этом будет примерно равна 1 м/с, что достаточно для комфортного передвижения. При 4 работающих пассажирах скорости могут достигать значения выше 5 м/с. [8]. Из расчётов максимальная скорость с учётом потерь будет 5,6 км/ч, минимальная скорость – 0,5 км/ч

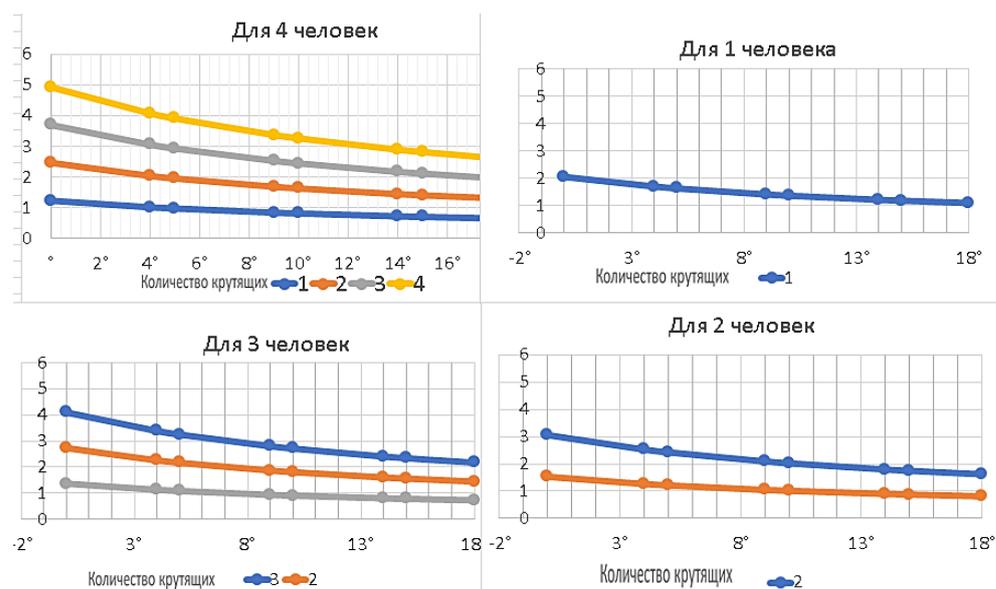


Рис. 4. Графики скоростей кабины (по оси ординат) в зависимости от количества активных пассажиров (разные цвета кривых) и уклона троса (по оси абсцисс)

Для подтверждения теоретических расчетов, а также выявления конструктивных особенностей и оптимальных параметров рабочих узлов и деталей была разработана и апробирована экспериментальная модель.

Описание модели и экспериментов

Для проведения экспериментов было решено разработать масштабную модель с конструкцией, подразумевающей возможность изменения габаритов, смещением элементов, а также возможностью добавления новых деталей по типовому принципу крепления. Макет был создан, используя легкодоступные детали, а все нестандартные элементы были спроектированы и распечатаны на 3D принтере (рис. 5).

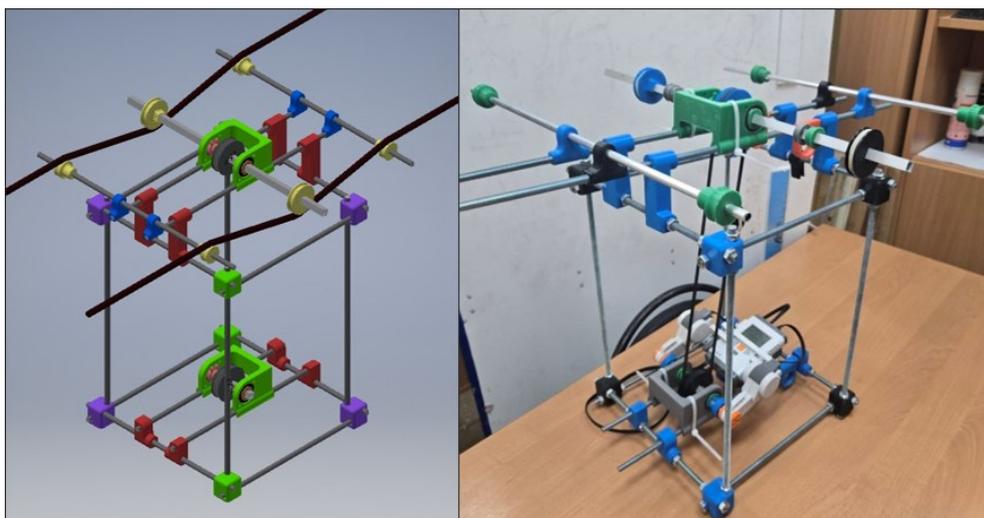


Рис. 5. 1 – 3D модель в Autodesk Inventor, 2 – экспериментальный макет в сборе

В качестве привода и контроллера был взят за основу блок NXT Mindstorms и соответствующие ему двигатели [9,10]. Это дало возможность создавать и менять управляющие программы для макета и считывать данные о его работе. Выбранные двигатели имеют малую мощность, что позволяет проверить работоспособность системы, сравнимую в масштабе с мощностью одного среднестатистического пассажира.

В качестве механизма передачи движения было решено применить ременную передачу от привода к рабочей оси кабинки.

Было проведено несколько экспериментов для определения входных параметров и работоспособности модели. Испытания призваны определить адекватность опытной модели на соответствие кинематическим и силовым характеристикам, рассчитанным теоретически для кабинки с одним человеком.

Таблица 2

Эксперимент № 1, 20.09.24 (УСБ «Водник», Слет молодых ученых):

Характеристики		Участки натянутого шнура по 2 м (общая длина 8 м)			
		1	2	3	4
	Время, с	18,46	16,34	20,76	42,10
Масса кабинки $m = 2,5$ кг	Обороты по длине участка ведущей шестерни	20,5	19	20	35
	Обороты ролика на шнуре (тросе) на участке	17	16	16,25	22
	Скорость кабинки на участке, м/с	0,108	0,123	0,096	0,048
	Уклон (градусы)	3	3-4	1	3,2
Масса кабинки $m = 3$ кг	Время, с	24,22	24,22	31,69	-
	Обороты по длине участка ведущей шестерни	19	18		

По результатам данного эксперимента были определены недостатки модели – большое сопротивление осей при движении, проскальзывания имеющейся ременной передачи, а также недостаточная прочность каркаса модели. Данные о движении макета определялись визуально, в реальном времени, а также по видеозаписям экспериментов.

Эксперимент № 2, 20.02.25 (ВГУВТ, а.171): Проверка экспериментальной модели на соответствие заводским параметрам

Было необходимо установить мощность выбранного мотора и сравнить с указанной в его описании мощности. Для этого создавалась специальная программа для запуска двигателя при разных мощностях [11]. По полученным данным было установлено что момент, создаваемый двигателем равен 16 Н*см, что соответствует заводским характеристикам моторов [9,10]. Это достаточно малая мощность, но данное её значение подходит для работы модели, так как расчетная мощность была значительно меньше в имеющемся масштабе.

Так же были проведены тесты по работе двигателя, присоединенного ремной передачей к оси модели без нагрузки. Таким образом, были установлены потери мощности за счет передачи.

Заводские характеристики

$$M_{вр} = const = 0,167 \text{ Нм}$$

При мощности мотора 90%

$$n_{ср} = 146 \text{ об/мин} \rightarrow \omega \approx 0,1 \cdot n = 14,6 \text{ с}^{-1}$$

$$N = M \cdot \omega = 0.167 \cdot 14.6 = 2.43 \text{ Вт (без ремня)}$$

$$N_{рем} = 0,167 \cdot 12 = 2 \text{ Вт (с ремнем)}, \text{ т.е. потери на ремне } 0,18, \text{ что соответствует КПД}=0.82$$

Таблица 3

Результаты тестирования макета на холостом ходу и с ремной передачей в процентах от максимальной мощности

Номер заезда	БЕЗ РЕМНЯ			С РЕМНЁМ		
	обороты в минуту -n					
	100%N	80%N	60%N	100%N	80%N	60%N
1	147	106	79	79	118	60
2	146	106	80	78	84	58
3	148	106	80	71	86	59
4	133	106	80	120	84	58
5	132	106	80	123	82	57

Тесты проводились с разным значением входной мощности двигателей в течение одной минуты. Данные вводились на основе визуальных наблюдений, что могло повлиять на их правдивость, но дальнейшие эксперименты дали схожие результаты. Одной из выявленных проблем являлось влияние заряда аккумулятора на работу двигателя, в последующих тестах заряд аккумуляторов проверялся заранее и учитывался при проверке данных.

В дальнейших тестах модель проверялась в движении по канатам. В первых тестах было установлено, что упрощенная модель раскачивалась при движении, но, несмотря на малую мощность выбранного привода, модель успешно перемещалась по канатам.

При увеличении массы модели кабинки было установлено, что масштабная модель не справляется с нагрузкой при большой массе. Была разработана система натяжения ремня, для более надежного сцепления со шкивами.

Эксперимент № 3, 3.02.25 по тросу:

Во время эксперимента приводной вал расцеплялся с мотором, ролики-двигатели слетали с каната, что делало невозможным сделать кинематические замеры, что говорит о плохой балансировке установки, недостаточном натяжении каната, неровном горизонте веревок, большом трении валов.

Было решено внести следующие изменения: разработать и добавить дополнительные балансирующие колеса; доработать метод соединения ремня; разработать дополнительную систему натяжения ремня; отбалансировать макет

На основании наблюдений была изменена форма катков, движущихся по канатам, а также добавлены дополнительные стабилизирующие катки спереди и сзади от основной оси. Дополнительные катки не только позволяют уменьшить раскачивания кабинки, но и увеличивают натяжение троса на промежутке, на котором находится кабина. Вместо упрощенного скользящего соединения ведущего вала с креплением к кабине, были установлены радиальные подшипники, ось была заменена на прямоугольный профиль, что позволило упростить работу с макетом в данном уменьшенном масштабе.

Так как до этого момента все замеры происходили на основании визуальных наблюдений, после чего велись расчеты на основе результатов заездов и на основе видеозаписей работы модели, в некоторых случаях данные могли быть неточными. Для упрощения проведения эксперимента была изменена управляющая программа главного блока, для возможности считывания данных о заезде – времени и оборотов двигателей. Поэтому в программу управления двигателями была добавлена возможность замера точного времени и количества оборотов, совершенного моторами. Было решено использовать только конечные данные заездов на разных участках. В дальнейшем программа была изменена для возможности считывания данных нескольких заездов с экрана контроллера.

Эксперимент № 4, 20.02.25 по тросу (после устранения недочетов в модели, выявленных в эксперименте № 3)

Произведены замеры движения модели в двух направлениях (туда и обратно):

$$1. S = 4 \text{ м}, t = 26,78 \text{ сек}, n = 33,6 \text{ оборота}$$

$$2. S = 4 \text{ м}, t = 28,92 \text{ сек}, n = 34,0 \text{ оборота}$$

$$V_{\text{ср}} = S/t = 0,15 \text{ м/с} = 0,54 \text{ км/ч, т.е. } S = 100 \text{ м за 11 мин.}$$

Полученная в эксперименте с макетом выходная скорость не соответствует диапазону скоростей (0.3 – 5 м/с) для психологически комфортного передвижения пассажиров в кабине. К примеру, максимальная скорость движения кабинок на Нижегородской канатной дороге — 5 м/с (18 км/ч), а кресельные канатные дороги имеют скорость передвижения подвижного состава не более 2,8 м/с. (10 км/ч).

Численные расчеты для реальной кабины с одним пассажиром, перенесенные на масштабный макет, показывают большой разброс погрешности выходной скорости макета в эксперименте при разных заездах и варьируются от 3 до 40 процентов.

Для увеличения скорости испытуемой модели и чтобы погрешность между ее расчетной и экспериментальной величиной была стабильна и минимальна, необходима дальнейшая доработка по массо-центровочным характеристикам, по снижению проскальзывания катков по тросу за счет подбора материалов, изменения конструкции, формы или размеров.

Ниже представлена сравнительная таблица основных характеристик реальной и экспериментальной моделей. Масштабность масс и мощностей источников энергии практически совпадают.

Таблица 4

Характеристики	Эксперимент. модель	Реальная модель	Масштаб
Масса кабинки (m, кг)	2,5	420	1: 168
Мощность (N, Вт)	± 2	320	1:160
Угловая скорость вращения ведущего вала (ω, 1/с)	10-12	6,28	1.75: 1
Вращающий момент (Mвр, Н·м)	0,167	51	1: 305

Представленная выше концепция канатной дороги на мускульной тяге, расчет ее механических характеристик, а так же испытания ее экспериментального аналога в уменьшенном масштабе, позволяют сделать следующие выводы:

1. Сама по себе идея создания такого объекта городской среды или транспортного сообщения на малых расстояниях нова, привлекательна и не имеет аналогов в мире, хотя некоторые упоминания о реализации переправ мышечными усилиями человека в прошлом существуют, но на сегодняшний день действующих не найдено.
2. Динамический расчет скорости кабины дает показатели в диапазоне 1 – 5 м/с, что естественно, меньше в сравнении с традиционными канатными дорогами, но абсолютно приемлемо в прогулочном режиме.
3. Испытания экспериментальной установки показали необходимость ее доработки для соответствия полученных выходных характеристик с теоретическими расчетами, чтобы в дальнейшем перенести конструкцию и устройство рабочих узлов на реальную модель.

Список литературы

1. Канатные дороги в Нижнем Новгороде - Яндекс Карты. URL: <https://yandex.ru/maps/47/nizhny-novgorod/search/канатные%20дороги/>
2. ГОСТ Р 71234-2024. Подвесные канатные дороги для транспортирования людей. Дороги кольцевые <https://gostassistant.ru/doc/0123381f-cb6b-4d21-a353-f3d03f4723fb>
3. Приказ Ростехнадзора от 13.11.2020 N 441 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности пассажирских канатных дорог и фуникулеров» (Зарегистрировано в Минюсте России 24.12.2020 N 61764) https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373146/
4. КПД передачи: сравнительный анализ зубчатой, ременной и червячной передачи <https://inner.su/services/kpd-zubchatoy-remennoy-chervyachnoy-peredachi/>
5. Сила мышц <https://studfile.net/preview/7651596/page:6/>
6. Никитин, Н.Н.; Курс теоретической механики; учебник; Никитин, Н.Н.-СПб.Лань; 2011, <null>
7. Гордлеева И.Ю. Проектирование и расчет варианта механизма подъема на мускульной тяге // сборник: Транспорт. Горизонты развития. Труды 2-го Международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород, 2022. С. 78.
8. Гордлеева И.Ю., Никитаев И.В., Веселов Д.В. Канатная дорога на мускульной тяге В сборнике: Цифровой регион. Социально-экономическое развитие сельских территорий: опыт, компетенции, проекты. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции. Княгинино, 2023. С. 121-123
9. Устройство компонентов робота Lego Mindstorms NXT 2.0 // storage.tusur.ru URL: https://storage.tusur.ru/files/136/КИБЭВС--1202_Устройство%20компонентов%20робота%20Lego%20Mindstorms%20NXT%20 (дата обращения: 01.08.2024)
10. NXT® motor internals // www.philohome.com URL: <https://www.philohome.com/nxtmotor/nxtmotor.htm> (дата обращения: 01.08.2024)
11. NXT-G Programming // nxtprograms.com URL: <https://www.nxtprograms.com/help/learn.html> (дата обращения: 10.08.24)

References

1. Cable cars in Nizhny Novgorod - Yandex Maps. URL: <https://yandex.ru/maps/47/nizhny-novgorod/search/канатные%20дороги/>
2. GOST R 71234-2024. Suspended cable cars for transporting people. Ring roads <https://gostassistant.ru/doc/0123381f-cb6b-4d21-a353-f3d03f4723fb>
3. Rostechнадзор Order No. 441 dated 11/13/2020 «On Approval of Federal Norms and Rules in the field of industrial safety «Safety Rules for Passenger Cable Cars and Funiculars»

- (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 12/24/2020 No. 61764)
https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373146/
4. Transmission efficiency: a comparative analysis of gear, belt, and worm transmission
<https://inner.su/services/kpd-zubchatoy-remennoy-chervyachnoy-peredachi/>
 5. Muscle strength <https://studfile.net/preview/7651596/page:6/6>. Biomechanics of the human musculoskeletal system; <https://en.ppt-online.org/430220>
 6. Nikitin, N.N.; Course of theoretical mechanics; textbook; Nikitin, N.N.-St. Petersburg.Doe; 2011, <null>
 7. Gordleeva I.Y. Design and calculation of a variant of the lifting mechanism on a muscular pull // collection: Transport. Horizons of development. Proceedings of the 2nd International Scientific and Industrial Forum. Nizhny Novgorod, 2022. p. 78.
 8. Gordleeva I.Yu., Nikitaev I.V., Veselov D.V. Muscle traction cable car
 1. In the collection: Digital region. Socio-economic development of rural areas: experience, competencies, projects. Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference. Knyaginino, 2023. pp. 121-123
 9. The device components of the robot Lego Mindstorms NXT 2.0 // storage.tusur.ru URL: [https://storage.tusur.ru/files/136/КИБЭВС--1202_Устройство%20компонентов%20робота%20Lego%20Mindstorms%20NXT%20\(date of access: 08/01/2024\)](https://storage.tusur.ru/files/136/КИБЭВС--1202_Устройство%20компонентов%20робота%20Lego%20Mindstorms%20NXT%20(date%20of%20access%3A%2008%2F01%2F2024).).
 10. NXT® motor internals// www.philohome.com URL: <https://www.philohome.com/nxtmotor/nxtmotor.htm> (accessed: 08/01/2024).
 11. NXT-G Programming // nxtprograms.com URL: <https://www.nxtprograms.com/help/learn.html> (date of request: 08/10/24).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гордлеева Ирина Юрьевна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: vishkind@rambler.ru

Irina Y. Gordleeva, Ph. D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Lifting and Transport Machines and Machine Repair, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603950

Прокопенко Никита Михайлович, старший преподаватель кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: nikoprk@yandex.ru

Nikita M. Prokopenko, senior lecturer of the Department of Lifting and Transport Machines and Machine Repair, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603950

Статья поступила в редакцию 18.06.2025; принята к публикации 30.10.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 18.06.2025; published online 20.12.2025.

УДК 629.5.01
DOI: 10.37890/jwt.vi85.660

Особенности классификации хаусботов, обеспечения их безопасности и эксплуатационных качеств

А.Г. Назаров

ORCID: 0000-0002-6313-6277

А.С. Пентегов

ORCID: 0009-0005-6828-0947

С.А. Королев

ORCID: 0000-0001-8425-3096

ООО АН Марин Консалтинг, г. Москва, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы проектирования хаусботов, существующие определения хаусботов, предложено определение для нормативов РФ. Классифицированы типы хаусботов согласно их особенностям конструкции и использования. Проанализированы существующие нормативные документы, предназначенные специально для плавсредств этого типа. Выполнен анализ требований к остойчивости и непотопляемости, прочности понтонов. Разобраны типы платформ и особенности гидродинамики понтонов хаусботов. Приведены рекомендации авторов к совершенствованию отечественной нормативной базы.

Ключевые слова: хаусботы, проектирование, эксплуатационные качества

Specifics of houseboat classification, ensuring their safety and operational qualities

Albert G. Nazarov

ORCID: 0000-0002-6313-6277

Andrey S. Pentegov

ORCID: 0009-0005-6828-0947

Sergey A. Korolev

ORCID: 0000-0001-8425-3096

AN Marine Consulting, Moscow, Russian Federation

Abstract. The article considers the problems of designing houseboats, existing definitions of houseboats, and proposes a definition for the Russian Federation standards. The types of houseboats are classified according to their design and use features. The existing regulatory documents developed specifically for this type of watercraft are analyzed. The analysis of the requirements for stability and unsinkability, strength of pontoons is performed. The types of platforms and the hydrodynamic features of houseboat pontoons are analyzed. The authors' recommendations for improving the domestic regulatory framework are given.

Keywords: houseboats, design, operational qualities

Введение

С развитием в настоящее время внутреннего туризма в РФ наблюдается повышенный спрос на плавсредства для жизни на воде, так называемые «хаусботы». Они предлагают высокий комфорт пребывания на борту сравнимый с квартирой или загородным домом, при этом расположенным у воды, на природе или в живописных локациях городов. Ряд производителей предлагают подобные объекты в РФ, число производителей ежегодно растет. В то же время в отечественной (да и большинстве зарубежных) нормативной базе отсутствует определение хаусбота, эти объекты часто

при регистрации рассматриваются по нормам для маломерных судов [1]. Настоящая статья нацелена на совершенствование производимых в РФ хаусботов, для чего решены задачи систематизации рассматриваемой группы объектов, анализа нормативных требований к ним, подходов к оценке остойчивости и непотопляемости, гидродинамических схем и прочности. На основе опыта проектирования таких объектов и исследовательских работ, выполненных КБ «АНМК», приведены рекомендации по проектированию и совершенствованию отечественной нормативной базы.

Определение хаусбота

На сегодняшний день в отечественной практике не существует нормативного определения хаусбота; подобные объекты рассматриваются как «маломерное судно» (в РФ) и как «рекреационное судно» (например, в ЕС). Такое рассмотрение, по мнению авторов статьи, не всегда достоверно отражает специфику этих объектов и может приводить как к завышению требований, так и к снижению их функциональности и безопасности.

Словарь Merriam-Webster [2] описывает хаусбот как судно, специально приспособленное для использования в качестве жилища, прогулочное судно с большой шириной, обычно небольшой осадкой и большой надстройкой, напоминающей дом. Некоторые другие словари добавляют некоторые детали к этому описанию; например, в Кембриджском словаре [3] говорится: «плавсредство, которое люди используют как свой дом, часто расположенный в одном месте на реке или канале». В отличие от многих других, это определение включает конкретную область, где в основном расположены плавучие дома, - внутренние водные пути.

В ряде стран, где подобные суда имеют устоявшуюся историю использования, нормативная ниша хаусботов определена довольно четко. Например, правительство Австралии [4] дает следующее определение: «Хаусбот – это судно, плавучий объект, сооружение или другое устройство (например, понтон), которое обеспечивает проживание на воде».

Более развернутое определение дают правила PRS [9]: «хаусбот – это плавучее сооружение с собственным двигателем или без него, предназначенное для целей проживания, специально построенное или переоборудованное для этой цели или оборудованное для круглосуточного отдыха или проживания не более 12 человек, обеспечивающее место для сна и отдыха лицам, находящимся на борту. Специальное оснащение обеспечивает место и оборудование для хранения продуктов и приготовления пищи, а также санитарную часть с туалетом, умывальником и душем. Хаусбот оснащен резервуарами для воды и канализации и электрическими батареями такой емкости, которая обеспечивает его автономность во время плавания и стоянки в порту. Для хаусбота с собственным двигателем отношение установленной мощности привода, кВт, к массе объекта, т, не должно превышать 10, а максимальная скорость объекта не должна превышать 12 км/ч».

Морская администрация Дании [5] определяет «хаусботы и плавучие конструкции — это плавучие объекты, постоянно находящиеся в порту и используемые для проживания, ведения бизнеса или аналогичных целей, которые не носят временного характера».

«Плавучий дом — жилое плавсредство с соответствующими удобствами, предназначенное для круиза по озерам, рекам» — это определение из [6] отражает специфику использования хаусботов в Индии и на Шри-Ланке, где они действительно используются для круизов.

В [7] рассматривается вопрос признания хаусбота рекреационным судном в Бельгии. Указано, что если таковой находится у берега более двух месяцев (исключая стоянку в яхтенной марине), то он является объектом строительства с получением необходимых разрешений. При этом власти Бельгии считают, что постоянное

проживание противоречит определению рекреационного судна, и в связи с этим на хаусботы не распространяется директива RCD [8].

Таким образом, общим признаком хаусбота является «плавучее сооружение для проживания на воде». К этому основному признаку добавляются ограничения по району эксплуатации (в частности - привязка к берегу), по скорости, энерговооружённости, описываются пропорции и оборудование судна и т.д.

В практике РФ, исходя из характеристик имеющихся на рынке судов определение хаусбота могло бы звучать так: «маломерное судно, специально спроектированное или переоборудованное для длительного проживания на воде, самоходное либо несамоходное, предназначенное для эксплуатации на защищенных от ветра и волнения акваториях при установленной мощности главных двигателей не более 10кВт на 1 тонну водоизмещения.

История появления и современное развитие

Плавучие дома появились в древние времена, пожалуй, тогда же, когда появилось судоходство – в древнем Египте жизнь в таких домах обеспечивала знати комфорт и безопасность. В Индии, в Китае и на европейском континенте практиковалась жизнь на воде.

В США увлечение хаусботами возникло в 1950-х годах, сегодня на американском рынке около миллиона хаусботов, в Нидерландах — около 100 тысяч (в одном только Амстердаме их базируется 2,5 тысяч), свыше 15 тысяч человек живут на воде в Великобритании, более 3 тысяч — в Париже и так далее [1]. В России, с 2020 по 2024 число хаусботов удвоилось.

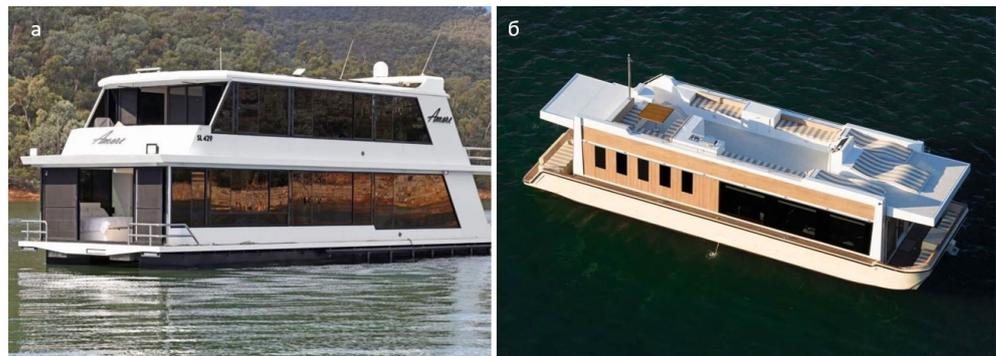


Рис. 1. Хаусбот австралийского производства ‘Eldon’ (а) и boathouse производства ‘Crossover’ (б)



Рис. 2. Традиционный хаусбот штата Керала, Индия (а); liveboard производства ‘Bondway’, Гонконг (б); конвертированная в хаусбот баржа, Париж (в); camperboat (г)

Типы плавсредств для жизни на борту

В группе плавсредств которую принято называть «хаусботы» существует несколько типов; далее они приведены в англоязычном варианте поскольку русскоязычная терминология для этой группы только формируется. Очевидно, что существовавший с советских времен термин «плавдача» не покрывает современное использование хаусботов.

- Floating house – плавучий дом, несамостоятельный объект представляющий собой дом на понтоне, как правило подключенный к береговым коммуникациям. Наиболее близким русскоязычным определением является «дебаркадер», хотя он и относится к объектам большего размера.
- Houseboat – это типичный «хаусбот», обычно выглядящий как установленный на самоходном понтоне дом. Приоритетными здесь являются качества «дома», а не «судна». Этот вид плавсредств может совершать короткие переходы по защищенным акваториям в хорошую погоду.
- Voathouse – «ботхаус» - это более полноценное судно, которое можно использовать для путешествий, совмещая его с комфортабельной жизнью на борту. Для этого типа объектов качества «судна» оказываются не менее важными, чем качества «дома». Обычно эти суда имеют более высокий надводный борт, улучшенные формы носовой оконечности и гидродинамику подводной части, полноценный пост управления и т.д.
- Liveaboard – дословно «судно для жизни на борту». Появление этого типа судов связано с тем, что большинство яхтенных марин не позволяют стоянку хаусботов, например подобная ситуация существует в Гонконге и Сингапуре, где стоимость недвижимости в центре вынуждает жителей искать другие формы проживания. Поэтому liveaboard внешне выглядит как моторная яхта с несколько увеличенными надстройками, однако имеет низкую для своих размеров категорию навигации (обычно С или В), минимальный пропульсивный комплекс (например, один маломощный

двигатель, находящийся под кроватью в кормовой каюте) и минимальное навигационное оборудование, улучшенную компоновку и объем помещений, береговой стандарт отделки помещений и мебель «из магазина» (рис.2б).

- Camper boat – это небольшой хаусбот, перевозимый на трейлере за автомобилем, имеет уровень комфорта примерно соответствующий автомобилю «кэмпер». В советский период подобное судно производилось под названием плавдача «Дон», хотя его компоновка была спартанской даже по сравнению с современными «кэмперботами».

Существуют также некоторые другие специфические типы плавсредств, например в эту группу можно отнести плавучие офисы, сауны, спа-центры... В настоящей статье мы не рассматриваем крупные объекты с большим количеством людей на борту, такие как плавучие отели и т.д., которые также фактически являются домами на воде.

Нормативные документы

Как уже отмечалось, в большинстве стран хаусботы рассматриваются как рекреационные суда (при их длине до 24м). Однако, существуют отдельные требования к этому типу плавсредств, наиболее полным является документ PRS [9], содержащий разделы по прочности корпуса, остойчивости и непотопляемости, палубному оборудованию, противопожарной защите, общесудовым системам, обитаемым помещениям, механическим установкам и электросистеме, а также к составу технической документации проекта. Требования [9] достаточно адекватно отражают реальность постройки и эксплуатации хаусботов.

Еще одним нормативным документом является [5] от Морской администрации Дании, содержащий требования к корпусу, остойчивости и непотопляемости, надводному борту, танкам, осушительной системе, ограждению палуб, спасательному оборудованию, а также способам осуществления технического надзора и (что удивительно для технических нормативов!) наказаниям за нарушения безопасности.

Обеспечение остойчивости и непотопляемости

В табл.1 и 2 авторами рассмотрены критерии остойчивости и требования к непотопляемости хаусботов из различных нормативных документов, а также выполнены расчеты критериев остойчивости для двух хаусботов, разработанных в РФ. Отечественный Технический регламент ТР ТС 026 [10] содержит требования к остойчивости, которые являются калькой из требований Регистра СССР для морских судов. Выполнить их на хаусботе (впрочем, как и на большинстве существующих маломерных судов) невозможно, в частности невыполнимы требования к углу максимума и углу заливания диаграммы статической остойчивости (ДСО). Практическим решением, применяемым при проектировании, является следование стандартам, перечисленным в «Перечне» к ТР ТС 026, что позволяет использовать ГОСТ-ИСО12217-1 [11].

Требования PRS [9] предполагают применение критериев из ISO12217-1 [11] для категории D, плюс дополнительные, например совместный учет кренящих воздействий и учет обледенения. Кроме того, альтернативно допускается оценивать остойчивость по стандарту ISO12217-1. Несколько странным является требование проведения опыта кренования хаусботов – известно, что на судах с метацентрической высотой $GM \geq 5\text{м}$ точность такого опыта сомнительна [11].

Таблица 1

Нормирование остойчивости и надводного борта хаусботов

Требование	Хаусбот 1	Хаусбот 2
TP TC 026* [10]		
Требований к надводному борту нет.	не оценивалось	не оценивалось
Плечо ДСО при крене 30° не менее 0,2...0,25м в зависимости от категории.	0,55м	1,35м
Максимум ДСО при крене ≥25°	18,5°	18,0°
Угол заката ДСО ≥60°	42,3°	48,5°
Поперечная метацентрическая высота GM≥0,5м.	3,11м	6,89м
Альтернативно, возможно соответствие стандартам из «Перечня».	не оценивалось	не оценивалось
PRS [9]		
Минимальная высота заливания $\min\{L_H/24; 400\text{мм}\}$	0,84м	1,22м
Минимальный угол заливания $11,5+(24-L_H)^2/520$	14,3°	14,5°
Максимальный угол крена при скоплении людей на борту $f(L_H)=10...20^\circ$, для коммерческих 10°	0,8°	0,4°
Минимальная остаточная высота заливания при скоплении людей – 100мм	0,82м	1,11м
Угол крена при одновременном действии скопления людей, ветра, обледенения и несимметричной загрузки танков не более 0,5 от угла заливания, при этом палуба не должна входить в воду. Кренящий момент при действии ветра вычисляется для скорости ветра 13м/с	2,2°	0,7°
Наличие «Информации об остойчивости»		
Опыт кренования либо расчет		
Морская администрация Дании [5]		
Надводный борт не менее 0,5м.	0,84м	1,12м
Требования к забортым отверстиям, закрытиям, окнам.		
Поперечная метацентрическая высота GM≥0,6м.	3,11м	6,89м
При совместном действии давления ветра 500Н/м ² , скопления людей на борту и несимметричного заполнения танков крен не более 4°	4,2°	1,3°
Уменьшение надводный борта не превышает 2/3 от исходного	0,33м (39%)	0,12м (11%)
Опыт кренования или детальные расчеты центра масс.		
NSCV [12]		
Минимальный надводный борт $f(L)=400...600\text{мм}$.	0,84м	1,12м
Запас плавучести не менее 25%.	68%	90%
Максимальный угол крена при скоплении людей на борту $f(L_H)=7^\circ$.	0,8°	0,4°
Остаточный надводный борт при скоплении людей не менее 25% от исходного.	0,82м (98%)	1,11м (99%)
RCD* [8,11]		
Комплекс требований, включающий высоту заливания, величину крена при скоплении людей и остаточный надводный борт, действие порыва ветра. Величины определяются категорией судна.	Выполняется в полном объеме	Выполняется в полном объеме

* - документ не предназначен специально для хаусботов

Таблица 2

Нормирование непотопляемости хаусботов

Требование	Хаусбот 1	Хаусбот 2
TP TC 026* [10]		
Маломерные суда, имеющие деление корпуса на отсеки, в заполненном водой состоянии (при аварийном затоплении) на тихой воде должны иметь:		
Запас плавучести, не менее 40 % полного водоизмещения,	11%	2%
при этом бортовая кромка палубы или верхняя кромка борта на мидель-шпангоуте не должны входить в воду	-0,085м	0,175м
Аварийная ВЛ не должна пересекать предельную линию погружения, которая должна проходить ниже палубы	-0,68м	-0,23м
или открытых отверстий не менее чем на 75 миллиметров.	0,11м	0,015м
PRS [9]		
Обязательное обеспечение непотопляемости не требуется, но по желанию возможно	не оценивалось	не оценивалось
Рекомендуется установка таранной переборки на 0.05LWL от НП.	не оценивалось	не оценивалось
Высота кромки борта над ВЛ $\geq 0,1$ м	-0,68м	-0,23м
Угол крена ≤ 60	9,5о	6,5о
Не опрокидывается при действии кренящего момента $M=0.5B(100+50n)$	Нет	Нет
Высота палубы над ВЛ $\geq 0,05$ м	-0,68м	-0,23м
Диапазон положительной остойчивости не менее угла заливания	Соотв.	Соотв.
Возможно обеспечение непотопляемости по методике ISO12217 для судов с блоками плавучести	не оценивалось	не оценивалось
Морская администрация Дании [5]		
Понтоны являются водонепроницаемыми конструкциями Требуется установка переборок и обеспечение положительной остойчивости при затоплении наибольшего отсека	да	да
Альтернативно использовать достаточное количество понтонов, при затоплении наибольшего из понтонов $GM \geq 0,6$ м.	1,61	5,3
NSCV [12]		
Обеспечение непотопляемости не требуется для некоммерческих судов	не оценивалось	не оценивалось
RCD* [8,11]		
Обеспечение непотопляемости не требуется	не оценивалось	не оценивалось

* - документ не предназначен специально для хаусботов

Морская администрация Дании также требует проведения опыта кренования хаусботов [5] и предъявляет довольно высокие требования по ветровой нагрузке. При этом указывается, что хаусботы с «судовыми» корпусами должны рассматриваться на соответствие критериям для обычных судов.

Требования морской администрации Австралии [12] связаны со стандартом NSCV и содержат критерии остойчивости без учета действия ветра, а требования к непотопляемости некоммерческих хаусботов отсутствуют. Для хаусботов, используемых в коммерчески целях, применяется общий стандарт NSCV для судов, где требования дифференцированы в зависимости от размера, пассажировместимости и класса судна.

Для проанализированных хаусботов российской постройки, критическим является обеспечение непроницаемости закрытий главной палубы и закрытий в переборках, что влияет на оценку непотопляемости, в то время как большинство зарубежных нормативов ее вообще не требуют обеспечивать.

Оценивать необходимость требований к непотопляемости следует исходя из рисков для жизни и здоровья людей, предотвращения ущерба экологии, отсутствия препятствий судоходству – эти факторы для хаусботов минимальны. Организационно, практически невозможно заставить живущую на хаусботе семью держать закрытыми палубные люки и двери между отсеками; в связи с этим необходимо либо актуализировать требования, либо отменить их для хаусботов, не используемых коммерчески. К сожалению, в настоящее время непотопляемость хаусботов в РФ обеспечивается по остаточному принципу, чему также способствуют нечеткие формулировки ТР ТС 026 [10].

Используемые платформы и гидродинамика

Согласно практике, производитель хаусботов комбинирует стандартную платформу с разными верхними строениями (т.е. «домами») [13]; применяется несколько типов платформ, которые можно разделить на однокорпусные и многокорпусные. Однокорпусные платформы, как правило, представляют собой плоскодонный или слабокилеватый понтон. Многокорпусные платформы можно разделить на двух- и трех- и более корпусные. Как правило, многокорпусная платформа состоит из понтонов-поплавков из алюминиевых либо полиэтиленовых труб, а на более крупных плавсредствах – сварных понтонов из стали или алюминиевого сплава. Выбор тримаранной схемы обусловлен необходимостью увеличения водоизмещения платформы и применения одномоторной пропульсивной установки, которая в этом случае размещается в центральном понтоне. Выбор типа платформы определяется в первую очередь необходимой плавучестью объекта и технологичностью изготовления, широко применяются упрощенные обводы, разворачивающиеся на плоскость и стандартный прокат из труб. Соображения гидродинамики и эстетики как правило отходят на второй план. Однако на практике владелец часто хочет использовать свое судно и для путешествий в хорошую погоду, рассчитывая на определенную скорость, что требует применения достоверных методов оценки буксировочного сопротивления.

Основной критерий выбора размерений (длины L_H и ширины B_H корпуса) для хаусбота - обеспечение необходимой заказчику площади «теплого контура» A_a (кондиционированных помещений), т.е. внутренних жилых помещений судна. Общая площадь A_a определяется как сумма по ярусам надстройки i с учетом коэффициента утилизации площади каждого яруса u_i :

$$A_a = \sum_i u_i L_H B_H$$

Обычно L_H/B_H составляет 1,3...3,0 и зависит от типа платформы и числа ярусов. Ширина корпуса хаусбота B_H определяется как сумма ширин понтонов по КВЛ B_{WLi} и сумма горизонтальных клиренсов C_j между ними:

$$B_H = \sum_i B_{WLi} + \sum_j C_j$$

Для многокорпусных схем, габариты понтонов по ширине определяются необходимостью установки в них оборудования, а также доступа для его обслуживания. Рекомендации по выбору параметров взаимного расположения корпусов катамаранов и величин C_j приведены в [14]. Однако, для хаусботов указанные закономерности могут оказаться не актуальны, из-за малых относительных скоростей

их движения и скромным требованиям к мореходности. Опыт показывает, что для многокорпусной платформы в любом случае следует выбирать горизонтальный клиренс $C_j \geq B_{WLi}$, в противном случае выгоднее будет платформа типа однокорпусный понтон или «плот» из труб.

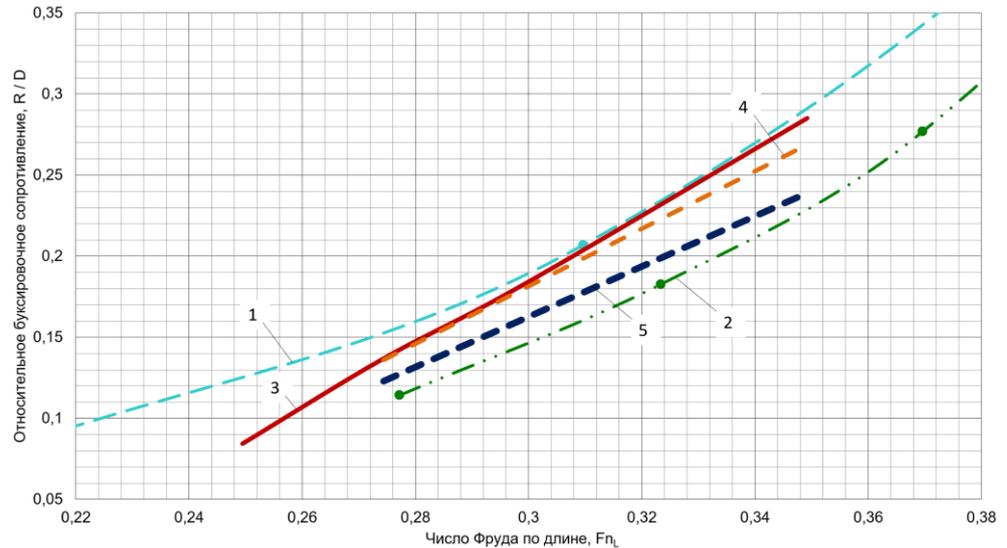


Рис. 3. Буксировочное сопротивление R отнесенное к водоизмещению судна D ; 1,2 – расчет по методам систематических серий Мюллер-Графа и Молланда; CFD-расчеты для 3 - «базового» корпуса; 4 – корпус с уменьшенной шириной полукорпуса по КВЛ; 5 – корпус с асимметричной носовой частью

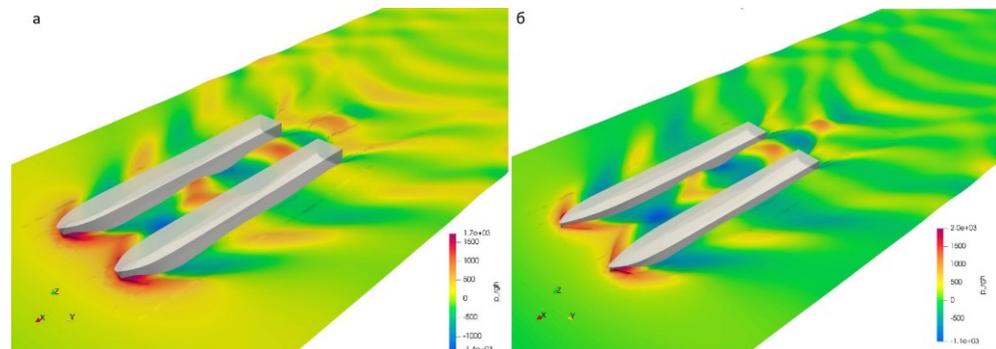


Рис. 4. Моделирование волнообразования хаусбота-катамарана при $Fr_L=0.28$; а – «базовый корпус» б – корпус с асимметричной носовой частью

На рис.3 представлены результаты расчетов буксировочного сопротивления R хаусбота на платформе катамарана. Методы серий Молланда и Мюлер-Графа [15] не дают достоверных результатов, поскольку заложенные в них типы обводы существенно отличаются от применяемых на хаусботах (упрощенные обводы, ограничения по осадке и т.д.). Тем не менее, указанные методы могут быть с успехом использованы для «привязки» расчетов с применением CFD. Наибольший интерес для хаусботов отечественной постройки представляет диапазон чисел Фруда по длине $Fr_L=0,25...0,35$. Возможности проектанта по оптимизации размерений и обводов

хаусботов довольно ограничены, однако некоторые решения могут существенно улучшить гидродинамику. На рис.3 и 4 показано сравнение «базового» корпуса с симметрией в ДП полукорпусов с точно таким же корпусом, но имеющим асимметрию носовой оконечности за счет большего заострения внутренней части борта. Налицо снижение волнообразования в носовой части и в тоннеле между полукорпусами. Возможности применения CFD методов как для оценки потребной мощности подобных судов, так и для отработки элементов их обводов трудно переоценить.

Конструкция и прочность

Особенностью хаусботов с точки зрения обеспечения прочности является то, что все функции «судна» выполняет понтон, и к нему предъявляются основные требования по прочности. Верхнее строение, как правило, не является водонепроницаемой конструкцией, не участвует в обеспечении общей прочности и по сути представляет собой каркасный дом. Заметим, что в подходах стандартов для малых судов ISO12215-5 [16] (прочность корпуса) и ISO12216 (относящийся к остеклению и закрытиям) оценка прочности выполняется лишь для водонепроницаемого контура судна.

Расчет прочности судовых конструкций принято разделять на:

- Общая прочность, т.е. прочность корпуса судна (или понтона хаусбота) как сложной составной балки; рассматривается общий продольный изгиб, а для многокорпусных конструкций – поперечный изгиб, сдвиг, скручивание относительно поперечной оси.
- Местная прочность, когда рассматриваются отдельные перекрытия, представляемые в виде пластин обшивки и балок набора корпуса.
- Прочность элементов, например транцев для крепления подвесных двигателей.

Из опыта расчетов хаусботов, общая продольная прочность обычно обеспечивается с 20-кратным и более запасом. Определяющей оказывается местная прочность, которая обуславливает толщины обшивки и сечения балок набора.

Для предварительного выбора толщины моста t_R хаусботов катамаранного типа (при условии, что длина моста приблизительно равна длине корпуса), можно использовать следующие рекомендации авторов статьи:

$$t_R \geq k_t \times L_H$$

При этом рекомендуется принимать коэффициент $k_t=0,010$ при соотношении длины к ширине $L_H/B_H=3$; $k_t=0,015$ при $L_H/B_H=2$, где L_H и B_H – длина и ширина корпуса согласно ГОСТ-ИСО8666.

Авторами выполнена серия расчетов прочности понтонов хаусботов различных типов, в частности выполнено сравнение расчетных нагрузок на корпуса хаусботов по различным правилам. В качестве примера, на рис.5 и 6 приведены расчетные нагрузки на пластины наружной обшивки днища и борта для однокорпусного понтона хаусбота длиной корпуса $L_H=16$ м, полным водоизмещением 28,7т по стандарту ISO12215-5 (для скоростей 10 и 20км/ч, для категории D), правилам РС для судов внутреннего плавания ПКПС [17] (раздел полностью аналогичен РКО [18]), а также уже упоминавшимся правилам PRS для хаусботов [9].

Расчетные нагрузки по ISO12215-5 зависят от проектной категории, скорости хаусбота, а также от размеров пластин обшивки. Эти нагрузки физически обоснованы (см. [19]) и их рекомендуется использовать в случае, если скорость судна будет превышать 8...10км/ч, или планируется использовать плавсредство в формате 'boathouse'.

Нагрузки из правил PRS [9] довольно хорошо соотносятся с таковыми по ISO12215 [16] для скоростей 10км/ч (не забываем, что именно такое ограничение содержится в

определении хаусбота по PRS). Проверка по правилам PRS [9] может выполняться при проектировании, хотя в РФ у них нет официального статуса.

Наиболее низкие значения расчетных нагрузок на днище характерны для правил ПКПС [17,18]. Очевидно, они основаны на «гидростатическом» подходе, с некоторым увеличением нагрузок в носовой части «на слеминг». В правилах применяется директивная шпация, хотя там же имеются и формулы для корректировки толщин в случае отличий от предписываемой шпации.

Поскольку хаусботы проводят значительно время будучи пришвартованными, следует уделять внимание возможным нагрузкам на борта и швартовные устройства хаусботов. В этом отношении нагрузки из ISO12215-5, как известно, занижены по сравнению с другими нормативными документами (рис.6).

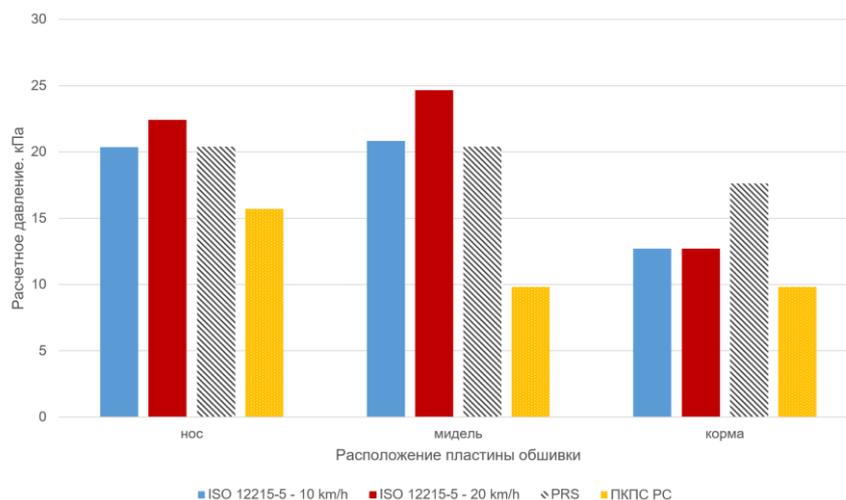


Рис. 5. Расчетные нагрузки на днищевые пластины хаусботов по разным правилам

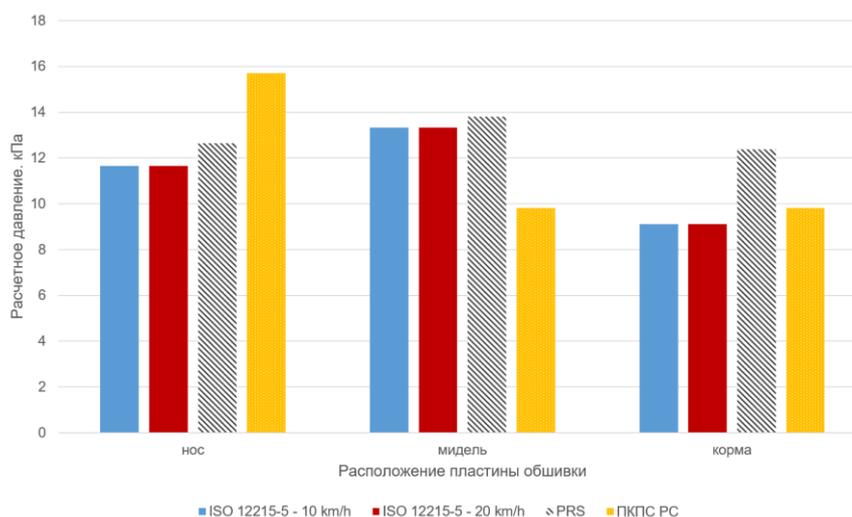


Рис. 6. Расчетные нагрузки на бортовые пластины хаусботов по разным правилам

Следует отметить, что в отличие от маломерных судов других типов, хаусботы могут испытывать ледовые нагрузки при зимовке/стоянке во льду. О величине этих нагрузок приходится только догадываться, но из практики известно, что суда,

спроектированные по ПКПС [17,18] выдерживают зимовку без повреждений и видимых деформаций корпуса.

Заключение

Проблемой создания хаусботов в РФ является то, что бюджеты их постройки чаще всего не позволяют привлечь специализированные конструкторские бюро судостроительного профиля; в большинстве случаев необходимые судостроительные чертежи и расчеты выполняются индивидуальными разработчиками, зачастую без судостроительного образования и/или необходимых компетенций. Архитектурная часть проектов выполняется «береговыми» специалистами; продажа еще не построенного хаусбота осуществляется именно исходя из архитектурного проекта «дома». С одной стороны, это оправдано, т.к. основным назначением хаусбота является именно удовлетворение потребительских качеств. Однако при этом понтоны проектируются по остаточному принципу; это может сказаться на размещении люков для доступа в отсеки, точек заливания, понтоны имеют невообразимую форму и т.д., что в целом отражается на безопасности и функциональности плавсредства.

Кроме того, классификация таких маломерных плавсредств осуществляется ГИМС, которая по общему мнению участников отрасли не укомплектована специалистами для рассмотрения технической документации. В результате, ошибки проектирования могут проявиться самым неожиданным образом на построенных и эксплуатирующихся судах.

Очевидно, назрела необходимость создания отечественных нормативных документов, очерчивающих общие требования к хаусботам с учетом их специфики. Эти документы должны предусматривать как четкое очерчивание нормативной ниши хаусботов, так и технические требования к ним на основе отечественного и мирового опыта.

Список литературы

1. Мозганова В. Хаусботы: теория в четырех комментариях, BFM.ru, 2024. - URL: <https://www.bfm.ru/news/556004> (дата обращения 02.07.2025).
2. Merriam-Webster Dictionary, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/houseboat>. (accessed 05.07. 2025).
3. Cambridge Dictionary, <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/houseboat>, (accessed 05.07.2025).
4. Draft Regulatory Impact Statement, National Standard for Commercial Vessels – Part C Section 2 - Watertight and Weathertight Integrity, NSCV, August 2010.
5. Technical regulation on the stability, buoyancy, etc. of houseboats and floating structures. Technical regulation no. 2/Order no. 9651 of 28 June 2007 issued by the Danish Maritime Authority. <https://www.dma.dk/Media/637720424603885615/Technical%20regulation%20on%20the%20stability%20buoyancy,%20etc%20of%20houseboats%20and%20floating%20structures.pdf> (accessed 03.07.2025).
6. Guideline for House Boats – Water Based Adventure Tourism Activities. For Registration with Sri Lanka Tourism Development Authority. https://www.slttda.gov.lk/storage/common_media/13GuidelineForHouseBoats.pdf (accessed 03.07.2025).
7. Reply to letter regarding construction requirements for houseboats. 09.03.2017, EFTA Surveillance Authority, Belgium, 2017. https://www.efasurv.int/cms/sites/default/files/documents/gopro/4159-09.03.2017-16-44-59_Reply%20to%20letter%20regarding%20construction%20requirements%20for%20h%20%28469547%29.pdf (accessed 30.06.2025).
8. Recreational Craft Directive 2013/53/EU of the European Parliament and of the Council of the European Union, November 2013.
9. Rules for the classification and construction of houseboats – October 2021, Polish Register of Shipping (PRS), Gdansk, 2021.

10. Технический Регламент Таможенного союза. О безопасности маломерных судов (ТР ТС 026/2012)//Евразийская экономическая комиссия, 2014.
11. ГОСТ-ИСО12217-1-2016. Суда малые. Оценка остойчивости, запаса плавучести и определение проектной категории. Часть 1. Непарусные суда с длиной корпуса 6м и более, Москва, Стандартиформ, 2017.
12. NSW Government, Houseboats in NWS, October 2021.
13. Huebbe M.E. Stefan, Designing and building a houseboat. Monee, IL, 2020, - p.352.
14. Nazarov A. Small Catamarans: Design Approaches and Case Studies//International Journal of Small Craft Technology, - The Transactions of Royal Institution of Naval Architects - Part B1, 2015.
15. Anthony F. Molland, Stephen R. Turnock, Dominic A. Hudson, Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power, Second edition, 2017, - p.626.
16. ISO12215-5:2019, Small craft — Hull construction and scantlings — Part 5: Design pressures for monohulls, design stresses, scantlings determination, 2019.
17. Правила классификации и постройки судов для внутренних водных путей Российской Федерации, Российский морской регистр судоходства, Санкт-Петербург, 2025.
18. Правила классификации и постройки и освидетельствования судов (ПКПС), Российское Классификационное Общество, Москва, 2019.
19. Nazarov A. Suebyiw P., Piamalung A. Experimental assessment of Impact Loads on Catamaran Structures// Design & Operation of Wind Farm Support Vessels, 28-29 January 2015, London, UK - p.75-84.

References

1. Mozganova V. Hausboty: teoriya v chetyrekh kommentariyah, BFM.ru, 2024. URL: <https://www.bfm.ru/news/556004> (In Russ.), (accessed 02.07.2025).
2. Merriam-Webster Dictionary, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/houseboat>. (accessed 05.07. 2025).
3. Cambridge Dictionary, <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/houseboat>, (accessed 05.07.2025).
4. Draft Regulatory Impact Statement, National Standard for Commercial Vessels – Part C Section 2 - Watertight and Weathertight Integrity, NSCV, August 2010.
5. Technical regulation on the stability, buoyancy, etc. of houseboats and floating structures. Technical regulation no. 2/Order no. 9651 of 28 June 2007 issued by the Danish Maritime Authority. <https://www.dma.dk/Media/637720424603885615/Technical%20regulation%20on%20the%20stability%20buoyancy,%20etc%20of%20houseboats%20and%20floating%20structures.pdf> (accessed 03.07.2025).
6. Guideline for House Boats – Water Based Adventure Tourism Activities. For Registration with Sri Lanka Tourism Development Authority. https://www.sltta.gov.lk/storage/common_media/13GuidelineForHouseBoats.pdf (accessed 03.07.2025).
7. Reply to letter regarding construction requirements for houseboats. 09.03.2017, EFTA Surveillance Authority, Belgium, 2017. https://www.efasurv.int/cms/sites/default/files/documents/gopro/4159-09.03.2017-16-44-59_Reply%20to%20letter%20regarding%20construction%20requirements%20for%20h%20%28469547%29.pdf (accessed 30.06.2025).
8. Recreational Craft Directive 2013/53/EU of the European Parliament and of the Council of the European Union, November 2013.
9. Rules for the classification and construction of houseboats – October 2021, Polish Register of Shipping (PRS), Gdansk, 2021.
10. Tekhnicheskij Reglament Tamozhennogo soyuza. O bezopasnosti malomernyh sudov [On the Safety of Small Vessels], (TR TS 026/2012)//Evrazijskaya ekonomicheskaya komissiya, 2014.
11. GOST-ISO12217-1-2016. Suda malye. Ocenka ostojchivosti, zapasa plavuchesti i opredelenie proektnoj kategorii. Chast' 1. Neparusnye suda s dlinoj korpusa 6m i bolee, [Small Vessels. Assessment of Stability, Reserve Buoyancy, and Determination of Design Category. Part 1. Non-Sailing Vessels with a Hull Length of 6 m and above]. Moskva, Standartinform, 2017.

12. NSW Government, Houseboats in NWS, October 2021.
13. Huebbe M.E. Stefan, Designing and building a houseboat. Monee, IL, 2020, - p.352.
14. Nazarov A. Small Catamarans: Design Approaches and Case Studies//International Journal of Small Craft Technology, - The Transactions of Royal Institution of Naval Architects - Part B1, 2015.
15. Anthony F. Molland, Stephen R. Turnock, Dominic A. Hudson, Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power, Second edition, 2017, - p.626.
16. ISO12215-5:2019, Small craft — Hull construction and scantlings — Part 5: Design pressures for monohulls, design stresses, scantlings determination, 2019.
17. Pravila klassifikacii i postrojki sudov dlya vnutrennih vodnyh putej Rossijskoj Federacii, [Rules for the Classification and Construction of Vessels for Inland Waterways of the Russian Federation], Rossijskij morskoy registr sudohodstva, [Russian Maritime Register of Shipping], Sankt-Peterburg, 2025.
18. Pravila klassifikacii i postrojki i osvidetel'stvovaniya sudov (PKPS), [Rules for the Classification, Construction, and Survey of Vessels (RCCS)], Rossijskoe Klassifikacionnoe Obshchestvo, [Russian Classification Society], Moskva, 2019.
19. Nazarov A. Suebyiw P., Piamalung A. Experimental assessment of Impact Loads on Catamaran Structures// Design & Operation of Wind Farm Support Vessels, 28-29 January 2015, London, UK - p.75-84.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Назаров Альберт Георгиевич, кандидат технических наук, FRINA, CEng, MSNAME, директор «АН Марин Консалтинг», 107113, Москва, ул. Шумкина, д.20, с.1, офис 501/502, e-mail: anmarineconsulting@ya.ru

Albert G. Nazarov, Cand Sci (Tech), FRINA, CEng, MSNAME, director of «AN Marine Consulting», Shumkina str., 20, p.1, office 501/502, Moscow, 107113, e-mail: anmarineconsulting@ya.ru

Пентегов Андрей Сергеевич, Инженер-исследователь «АН Марин Консалтинг», Россия, email: ap.anmarineconsulting@ya.ru

Andrei S. Pentegov, Research engineer of «AN Marine Consulting», Russia, email: ap.anmarineconsulting@ya.ru

Королев Сергей Александрович, Руководитель направления НИР «АН Марин Консалтинг», Россия, email: s_a_korolev@mail.ru

Sergei A. Korolev, Head of R&D section, «AN Marine Consulting», Russia, email: s_a_korolev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.07.2025; принята к публикации 14.11.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 21.07.2025; published online 20.12.2025.

УДК 620.179.16; 621.791.925
DOI: 10.37890/jwt.vi85.614

Оценка структурных изменений основного металла валов, восстанавливаемых многократной наплавкой

В. М. Родюшкин¹

ORCID: 0000-0002-3081-0288

А. Б. Корнев²

ORCID: 0009-0006-1954-2004

Е. А. Давыдов²

К. О. Каразанов²

ORCID: 0009-0000-8746-1691

¹*Институт проблем машиностроения РАН, г. Нижний Новгород, Россия*

²*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Восстановление геометрических размеров изношенных деталей в ряде случаев осуществляется путем многократной наплавки. В этом процессе возможно изменение структурного состояния металла под наплавленным слоем. Такие изменения могут свидетельствовать об ослаблении несущей способности основного металла. В статье разрабатывается технология контроля материала деталей типа «вал» с целью поиска критерия допустимого количества ремонтов детали путем наплавки.

На специально подготовленных образцах, вырезанных из судового вала с различным количеством наплавки, проведен металлографический анализ. Результат свидетельствует о стабильности структуры и свойств металла под наплавкой вне зависимости от числа наплавленных слоев. Ультразвуковой метод, основанный на измерении скорости упругих продольных волн с использованием прецизионной аппаратуры, подтвердил полученные выводы. Микронарушений структуры основного металла вала в пределах чувствительности прибора не выявлено. Продемонстрированы возможности серийно выпускаемого дефектоскопа УСД-50 по реализации методики контроля качества восстановления вала многократной наплавкой.

Ключевые слова: многократная наплавка, ультразвуковой контроль, скорость упругой волны, микротвердость, микроструктура, гребной вал.

Structural changes assessment in the base metal of shafts restored by repeated surfacing

Vladimir M. Rodyushkin¹

ORCID: 0000-0002-3081-0288

Andrey B. Kornev²

ORCID: 0009-0006-1954-2004

Evgeny A. Davydov²

Kirill O. Karazanov²

ORCID: 0009-0000-8746-1691

¹*Machine Building Problems Institute, Russian Academy of Science, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Volga State University of Water Transport, 5, Nesterova str., Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. In some cases, restoration of the geometric dimensions of worn parts is carried out by multiple surfacing. In this process, it is possible to change the structural state of the metal under the deposited layer. Such changes may indicate a weakening of the bearing capacity of the base metal. The article develops a technology for controlling the material of «shaft» type parts in order to find a criterion for the permissible number of part repairs of by surfacing.

Metallographic analysis was conducted on specially prepared samples taken from the ship's shaft, with varying amounts of surfacing. The results indicate the stability of the structure and properties of the metal after surfacing, regardless of the number of deposited layers. The results were validated by the ultrasonic technique, which employs precise instruments to measure the velocity of elastic longitudinal waves. No microstructural flaws of the shaft's base material are detected within a range of device's sensitivity. The capabilities of a mass-produced flaw detector make it possible to implement a quality control technique for shaft restoring by repeated surfacing, which is demonstrated using the UCD-50flaw detector.

Keywords: multiple surfacing, ultrasonic control, elastic wave speed, microhardness, microstructure, propeller shaft.

Введение

При восстановлении детали количество допустимых наплавочных слоев в руководящем документе¹ не указано однозначно. Известна прямая связь структурных изменений материала с его прочностью [1]. Поэтому существует необходимость в контроле структурного состояния основного металла в процессе нанесения многократной наплавки. Для решения этой задачи применен ультразвуковой метод [2] на образцах из участков судового валопровода с различным числом слоев многократной наплавки. Выбор метода обусловлен возможностью контроля структуры основного металла без разрушения детали, не подвергая ее манипуляциям, не совместимым с возможностью дальнейшей эксплуатации. В качестве арбитражного метода применен металлографический анализ структуры. Таким образом, целью настоящей работы является исследование влияния многократной наплавки на состояние основного металла восстанавливаемой детали.

Материалы и методы

Для исследований были изготовлены образцы с одной, двумя и тремя слоями наплавки сварочной проволокой Св-06Х19Н9Т [3], показанные на рисунке 1. Материал основы судового валопровода – сталь 35.



Рис. 1. Изготовленные образцы многократной наплавки

Для проведения металлографических исследований образцы были подготовлены путем шлифования, полирования, а также травления в 5% растворе азотной кислоты в этиловом спирте. Фотографии получены при помощи оптического светового

¹РД 31.52.12-88 Судовые гребные валы. Восстановление электродуговой наплавкой перлитными и аустенитными сталями

микроскопа БиОптикСМ1-400, микротвердость была измерена на микротвердомере ПМТ-3М по методике Виккерса с нагрузкой в 100 г при выдержке в 10 с.

Ультразвуковые исследования проводились на тех же образцах с целью разработки альтернативного метода оценки структурных изменений. Неразрушающий метод оценки структурных изменений базируется на связи скорости упругих ультразвуковых волн с упругими постоянными материала [4-6]. Для контроля скорости волн в образцах использованы две технологии, отличающиеся друг от друга используемой аппаратурой и, соответственно, метрологическими характеристиками. Более точная прецизионная технология контроля скорости описана в [7]. В качестве генератора электрических импульсов, возбуждающих пьезоэлектрический преобразователь, применили серийно выпускаемый УЗ-дефектоскоп А1214. Преобразователь излучает в исследуемый образец упругий импульс, который распространяется в металле, достигает противоположной стороны образца, отражается и возвращается обратно на преобразователь, где преобразуется в электрические сигналы и поступает на цифровой осциллограф RIGOL MSO5354 с разрешением по времени 0,1 нс. Время распространения, характеризующее скорость распространения упругих волн в образце, фиксировалось между первым и вторым отражённым импульсом по точкам пересечения нуля между максимумом и минимумом в ультразвуковом импульсе. Тем самым исключается погрешность, связанная с временем распространения волны в преобразователе. На рисунке 2 схематично показана типичная осциллограмма импульса при его возбуждении с помощью ПЭП, поясняющая используемый принцип.

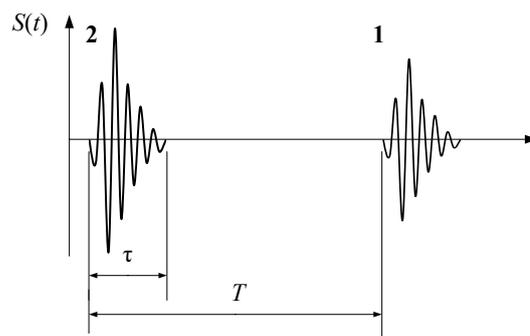


Рис. 2. Характерная форма импульса в исследуемом образце при его возбуждении с помощью ПЭП. T – задержка (время пробега волны расстояния L в металле образца, τ – длительность зондирующего импульса) между первым и вторым отражённым импульсом

Скорость упругих волн вычисляется по формуле $C = \frac{2L}{T}$, где L – толщина образца.

С практической целью максимально упростить процедуру контроля скорости волн и сделать ее доступной в условиях производства, апробирована технология на базе серийно выпускаемого дефектоскопом УСД-50 [8]. В этом случае в сервисных функциях УСД-50 задавалась фиксированная толщина образца. Измерение времени задержки между донными импульсами при помощи УСД-50 позволяет вычислить скорость упругой волны. На рисунке 3 показана процедура контроля скорости волн в образце.



Рис. 3. Контроль скорости упругой волны

Результаты и обсуждение

Измерение микротвердости в образцах с одной, двумя и тремя слоями наплавки (далее – образцы 1, 2 и 3 соответственно) показало, что нанесение второго и третьего слоев наплавленного материала не оказывает значительного влияния на микротвердость. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Микротвердость образцов с многократной наплавкой

Зона в образце	Образец 1, HV0.1	Образец 2, HV0.1	Образец 3, HV0.1
Зона сплавления	369 ± 16	314 ± 27	320 ± 31
Зона термического влияния	197 ± 14	186 ± 13	187 ± 20
Основной материал	152 ± 24	158 ± 16	150 ± 17

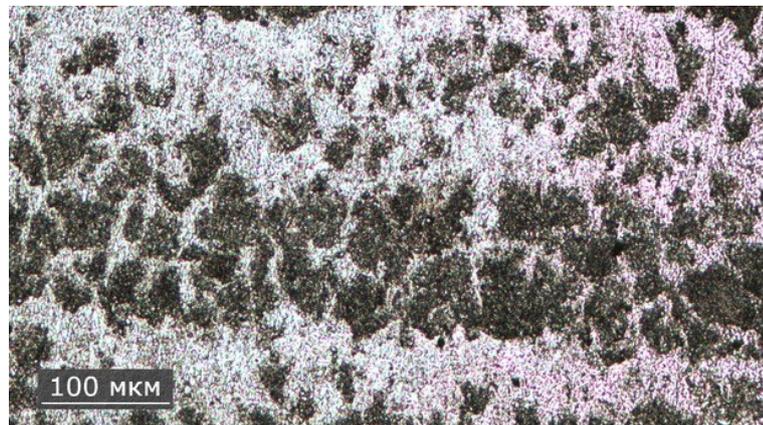
Значения оказались довольно близкими вне зависимости от количества слоев наплавки. Можно отметить локальное повышение микротвердости до 370 HV_{0.1} в зоне сплавления, а также умеренно возросшую микротвердость в зоне термического влияния относительно основного металла, что связано с мелкокристаллической структурой переходной зоны и образованием упрочняющих частиц из легирующих элементов наплавочного материала. Ширина зоны сплавления с повышенной микротвердостью оценивается в 200 мкм. Характерная микроструктура образцов показана на рисунке 4.



а) зона сплавления



б) зона термического влияния



в) основной материал

Рис. 4. Микроструктура образцов, увеличение $\times 200$

Зона сплавления демонстрирует ровную границу между материалами, не обнаружено значительных дефектов или их скоплений. Материал под наплавкой имеет структуру перлита и феррита, соответствующую химическому составу исходной стали.

В зоне термического влияния обнаруживаются закалочные мартенситные структуры, образующиеся из-за высоких тепловложений при наплавке. Хотя их присутствие приводит к умеренному повышению микротвердости, плавные переходы между структурами значительно снижают угрозу отслоения наплавленного слоя при эксплуатации

В таблице 2 представлены результаты прецизионного измерения времени распространения продольных волн в зоне основного металла ($t_{осн}$) и в зоне наплавки ($t_{нап}$).

Таблица 2

Время распространения продольных волн

	Образец 1	Образец 2	Образец 3
$t_{осн}$, нс	3380,7 ± 11,2	3370,1 ± 1,9	3323,3 ± 14,3
$t_{нап}$, нс	3391,9 ± 11,2	3372,0 ± 1,9	3337,6 ± 14,3

Различия в толщине образцов, допущенные при пробоподготовке, приведут к вариации времени распространения. В таблице 3 представлены результаты измерения толщины образца в зонах основного металла ($h_{осн}$) и в зоне наплавки ($h_{нап}$). Использован микрометр МК 25 ГОСТ 6507-90 с ценой деления 0,01 мм. Все измерения проводились при температуре 23,8°C и влажности 50%.

Таблица 3

Толщина образца в зоне основного металла и в зоне наплавки

	Образец 1	Образец 2	Образец 3
$h_{осн}$, мм	20,11 ± 0,03	20,02 ± 0,02	20,28 ± 0,06
$h_{нап}$, мм	20,14 ± 0,03	20,04 ± 0,02	20,34 ± 0,06

Вариации толщины $\Delta_{толщ}$ составили 0,06-0,09 мм, что соответствует разбросу времени распространения упругой волны в образцах 1, 2 и 3. Причина разброса значений времени заключается только в различиях толщин образцов.

Таким образом, при высокой точности измерения времени распространения упругой волны в металле не обнаружено различий, вызванных структурными изменениями.

На реальном изделии применить приведенный выше способ затруднительно, так как он сопряжен с необходимостью иметь прецизионную аппаратуру. Наличие дефектоскопа УСД-50 [8] решает эту проблему, так как в сервисных функциях можно задать фиксированную толщину образца. Тогда в автоматическом режиме УСД-50 позволяет вычисляет скорость упругой волны. На рисунке 3 показана процедура контроля скорости волн в образце. Результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4

Скорость распространения продольных волн

	Образец 1	Образец 2	Образец 3
$v_{осн}$, м/с	5956 ± 12	5984 ± 4	6056 ± 14
$v_{нап}$, м/с	5944 ± 12	5980 ± 4	6042 ± 14

Результаты демонстрируют, что в зоне основного металла и в зоне наплавки изменения скорости соответствуют изменениям толщины в зоне контроля. Следовательно, как и в случае прецизионных измерений, так и в случае измерения при помощи промышленного дефектоскопа с погрешностью измерения времени в 1 мкс, различий в скорости распространения упругих волн, обусловленных структурными изменениями в образцах, не обнаружено. Более того, по данным многих исследователей [10-12], показателем того, что в металле произошли структурные изменения, влияющие на его прочность, является изменение скорости упругих волн на 1%, что в данном случае не наблюдается.

Таким образом, реализована методика контроля качества восстановления вала многократной наплавкой в условиях судоремонта.

На реальном объекте, в отличие от лабораторных условий, применить объемные волны проблематично, так как основной вклад в погрешность вносят данные о толщине (о пути распространения волны в основном металле). Использование упругих головных волн [9] позволяет контролировать скорость волны в металле при неизвестной толщине изделия за счет фиксированной базы между излучателем и приемником. Следовательно, существует перспектива контроля состояния основного металла под наплавкой без нарушения целостности восстанавливаемой детали.

Заключение

1. Проведенный металлографический анализ образцов с различным числом слоев многократной наплавки не выявил отличий в структуре и свойствах металла под наплавкой.
2. Прецизионные измерения скорости продольных волн в изготовленных образцах с многократными наплавками не выявили появления структурных изменений в основном металле. Установлено, что отклонения в значениях скорости звука связаны с разницей в толщине образцов.
3. Сочетание металлографических и ультразвуковых исследований демонстрирует, что многократная наплавка не приводит к структурным изменениям основного металла.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПФ РАН на проведение фундаментальных научных исследований на 2024-2026 гг. (FFUF -2024-0031, № НИОКТР 1023032800130-3-2.3.2).

The work was carried out within the state assignment to IAP RAS for fundamental scientific research for 2024-2026 (topic FFUF -2024-0031, No 1023032800130-3-2.3.2).

Список литературы

1. Бернштейн, М.Л.; Займовский, В.А. Структура и механические свойства металлов. М.: Металлургия. 1970. 472 с.
2. Березин Е.К., Корнев А.Б., Родюшкин В.М. Исследования покрытий, наносимых газопламенным напылением, методом ультразвуковой диагностики // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2023. том.89. №1. С.28-34 DOI: <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2023-89-1-28-34>
3. Каразанов К.О., Давыдов Е.А., Родюшкин В.М. Способ восстановления гребного вала многослойной наплавкой с пооперационным контролем//Транспорт. Горизонты развития. 2024: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2024. – URL: http://вф-река-море.рф/2024/4_11.pdf
4. Шермергор Т.Д. Теория упругости микронеоднородных сред. Москва, Наука, 1977. 399 с.
5. Муравьев В. В., Зуев Л. Б., Комаров К. Л. Скорость звука и структура сталей и сплавов. Новосибирск: Наука, 1996. 184 с
6. Воробьев Р.А., Литовченко В.Н. Применение метода ультразвукового контроля для оценки трещиностойкости низкоуглеродистой мартенситной стали 07Х3ГНМЮА. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2021. №87(1). С.45-51. <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2021-87-1-45-51>
7. Мишакин В. В., Гончар А. В., Ключников В. А. и др. Контроль состояния циклически деформируемых нержавеющей сталей акустическим и вихретоковым методами// Измерительная техника. 2021. № 2. С. 62–67. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2021-2-62-67>
8. Березин Е.К., Корнев А.Б., Родюшкин В.М. Технология контроля антифрикционных вставок поршня газомотокомпрессора 10ГКН // Двойные технологии. 2023. №1(102). С.34-37

9. Разыграев Н.П. 50 лет – головные волны в ультразвуковой дефектоскопии// Территория NDT. №1. (январь–март) 2023.с.62-72
10. Матвеев Ю.И., Хлыбов А.А., Глебов В.В. Исследования и разработка методики технической диагностики гребных валов//Вестник АГТУ. серия: морская техника и технология. 2021. №4. с.52-61
11. Родюшкин В.М., Иляхинский А.В. О результате измерения времени распространения упругой волны в деформируемом образце стали марки 10ХСНД // Приволжский научный журнал, 2023, № 3(67), с. 22–29.
12. Зуев Л.Б., Муравьев В.В., Данилова Ю.С. О признаке усталостного разрушения сталей // Письма в ЖТФ. 1999. Т. 25, вып. 9, с. 31–34.

References

1. Bernstein, M.L.; Zaimovsky, V.A. Structure and mechanical properties of metals. Moscow: Metallurgiya. 1970. 472 p.
2. Berezin E. K., Kornev A. B., Rodyushkin V. M. Investigations of coatings applied by gas-flame spraying using ultrasound diagnostics // Factory laboratory. Diagnostics of materials. 2023. volume.89. No. 1. pp.28-34 DOI: <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2023-89-1-28-34>
3. Karazanov K.O., Davydov E.A., Rodyushkin V.M. A method of restoring a propeller shaft by multilayer surfacing with postoperative control. Transport. Horizons of development. 2024: Proceedings of the International Scientific and Practical Forum. VGUVT Federal State Budgetary Educational Institution. - 2024. – URL: http://вф-река-море.rf/2024/4_11.pdf
4. Shermerngor T.D. Theory of elasticity of microuniform media. Moscow, Nauka Publ., 1977. 399 p
5. Muravyov V. V., Zuev L. B., Komarov K. L. The speed of sound and the structure of steels and alloys. Novosibirsk: Nauka Publ., 1996. 184 p.
6. Vorobyov R.A., Litovchenko V.N. Application of the ultrasonic inspection method to assess the crack resistance of low-carbon martensitic steel 07H3GNMYA. // Factory laboratory. Diagnostics of materials. 2021. No. 87(1). pp. 45-51. <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2021-87-1-45-51>
7. Mishakin V. V., Gonchar A.V., Klyushnikov V. A. and others. Control of the state of cyclically deformable stainless steels by acoustic and eddy current methods // Measuring technology. 2021. No. 2. pp. 62-67. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2021-2-62-67>
8. Berezin E.K., Kornev A.B., Rodyushkin V.M. Technology of control of antifriction inserts of the piston of the 10GKN gas compressor // Dual technologies. 2023. No. 1(102). pp.34-37
9. Razygraev N.P. 50 years old – head waves in ultrasonic flaw detection // NDT territory. No. 1. (January–March) 2023. pp.62-72
10. Matveev Yu.I., Khlybov A.A., Glebov V.V. Research and development of a technique for technical diagnostics of propeller shafts // Bulletin of AGTU. series: marine engineering and technology. 2021. No. 4. pp.52-61
11. Rodyushkin V.M., Ilyakhinsky A.V. On the result of measuring the propagation time of an elastic wave in a deformable steel sample of the 10XSD grade // Volga Scientific Journal, 2023, No. 3(67), pp. 22-29.
12. Zuev L.B., Muravyev V.V., Danilova Yu.S. On the sign of fatigue failure of steels // Letters in ZhTF. 1999. Vol. 25, issue 9, pp. 31-34.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Родюшкин Владимир Митрофанович, д.т.н, заведующий лабораторией волновой динамики, экспериментальной механики и виброакустики Института проблем машиностроения РАН, 603024, г. Нижний Новгород, ул. Белинского, 85, e-mail: vlkn2005@yandex.ru

Vladimir M. Rodyushkin, Dr Sci (Eng), Head of Laboratory Wave dynamics and experimental mechanics, Institute of Problems of Machine Science RAS (603024, Nizhny Novgorod, Belinsky str., 85)

Корнев Андрей Борисович, к.т.н.,
начальник Научно-Технического
Тренажерного Центра «Механик», доцент,
профессор кафедры подъемно-транспортных
машин и машиноремонта, Волжский
государственный университет водного
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950,
г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,
e-mail: kornev.ab@vsuwt.ru

Давыдов Евгений Александрович,
заместитель начальника Научно-
Технического Тренажерного Центра
«Механик», Волжский государственный
университет водного транспорта (ФГБОУ
ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний
Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:
davydov.ea@vsuwt.ru

Каразанов Кирилл Олегович, инженер
Научно-Технического Тренажерного Центра
«Механик», аспирант кафедры подъемно-
транспортных машин и машиноремонта,
Волжский государственный университет
водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова,
5, e-mail: karazanov.kirill@mail.ru

Andrey B. Kornev, Ph. D (Eng), Head of
Scientific and Technical Training Center
«Mechanic», Associate Professor of the Lifting
and Transport Machines and Mechanisms
Department, Volga State University of Water
Transport, 603950, Nizhny Novgorod,
Nesterova, 5, e-mail: kornev.ab@vsuwt.ru

Evgeny A. Davydov, Deputy Head of
Scientific and Technical Training Center
«Mechanic», Volga State University of Water
Transport, 603950, Nizhny Novgorod,
Nesterova, 5, e-mail: davydov.ea@vsuwt.ru

Kirill O. Karazanov, engineer of Scientific
and Technical Training Center «Mechanic»,
graduate student of the Lifting and Transport
Machines and Mechanisms Department, Volga
State University of Water Transport, 603950,
Nizhny Novgorod, Nesterova, 5, e-mail:
karazanov.kirill@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.06.2025; принята к публикации 10.10.2025;
опубликована онлайн 20.12.2025. Received 18.06.2025; published online 20.12.2025.

УДК 629.12.002

DOI: 10.37890/jwt.vi85.661

Текущее состояние, проблемы и перспективы применения промышленных роботов в сборочно-сварочных цехах отечественных верфей

О.А. Щеголева

*Самарский филиал Волжского государственного университета водного транспорта,
г. Самара, Россия*

Аннотация: Российское судостроение стоит перед лицом системного кризиса, вызванного высокой трудоёмкостью, «кадровым голодом» и низкой эффективностью. Данная статья проводит комплексный анализ потенциала глубокой роботизации как средства преодоления ключевого противоречия: необходимости роста производительности в условиях мелкосерийного производства, где неприменимы стандартные решения из массового машиностроения. На основе анализа текущего состояния (уровень роботизации оценивается в 5-10%) и изучения успешных мировых кейсов (Hyundai, Meyer Werft) в статье выявлены технологические, экономические и кадровые барьеры. В качестве стратегического решения предлагается не фрагментарная замена оборудования, а системная трансформация на основе создания интегрированных робототехнических комплексов, неразрывно связанных с цифровыми двойниками. Определены ключевые направления роботизации сборочно-сварочного производства верфей и сформулирована комплексная дорожная карта. Её реализация позволит совершить качественный скачок: повысить производительность на 40-60%, значительно снизить брак и затраты на материалы, что в конечном счёте обеспечит выход на новый уровень глобальной конкурентоспособности отечественного судостроения.

Ключевые слова: промышленные роботы, судостроение, сборочно-сварочное производство, робототехнические комплексы, цифровой двойник.

Current status, problems and prospects for the use of industrial robots in assembly and welding shops of domestic shipyards

Olga A. Shchegoleva

Samara branch of the Volga State University of Water Transport, Samara, Russia

Abstract. Russian shipbuilding is facing a systemic crisis caused by high labor intensity, a shortage of skilled workers, and low efficiency. This article provides a comprehensive analysis of the potential of advanced robotics as a means of overcoming a key contradiction: the need to increase productivity in small-scale production, where standard solutions from mass-produced machinery are inapplicable. Based on an analysis of the current state (the level of robotization is estimated at 5-10%) and a study of successful global cases (Hyundai, Meyer Werft), the article identifies technological, economic, and personnel barriers. The strategic solution proposed is not piecemeal equipment replacement, but a systemic transformation based on the creation of integrated robotic systems inextricably linked to digital twins. Key areas for robotization of shipyard assembly and welding production are identified, and a comprehensive roadmap is developed. Its implementation will enable a qualitative leap: increasing productivity by 40-60%, significantly reducing defects and material costs, which will ultimately ensure a new level of global competitiveness for the domestic shipbuilding industry.

Keywords: Industrial robots, shipbuilding, assembly and welding production, robotic systems, digital twin

Введение

Судостроение во всем мире переживает период глубокой технологической трансформации, движимой глобальной конкуренцией, ужесточением экологических стандартов и растущими требованиями к эффективности и стоимости производства. На этом фоне российская судостроительная отрасль сталкивается с комплексом системных вызовов, ключевыми среди которых являются высокая трудоёмкость, зависимость от квалификации персонала в условиях его старения и «кадрового голода», а также объективные сложности автоматизации, обусловленные преимущественно мелкосерийным и уникальным характером производства.

Анализ профильной литературы [1-3] и интернет источников, например [4], и источника [https:// www.korabel.ru/news/comments/valeriy_ rayskiy_seychas_net_smysla_delat_samim_absolyutno_vse.html](https://www.korabel.ru/news/comments/valeriy_ rayskiy_seychas_net_smysla_delat_samim_absolyutno_vse.html), показывает, что вопрос выбора путей повышения гибкости судостроительных производств – в частности, сборочно-сварочного – далеко не закрыт. Более того, он приобрёл даже ещё большую остроту в связи с сужением «поля решений» из-за того, что российский рынок технологий и средств технологического оснащения (СТО) покинули многие традиционные зарубежные партнёры. Как показывают обзоры, например, портала «Корабел.ру» из цикла «Каким оборудованием пользуются отечественные верфи» https://www.korabel.ru/news/comments/kakim_oborudovaniem_polzuyutsya_otechestvennye_verfi_chast_3.htm, российские предприятия сегодня, в основном, работают со сборочным и сварочным оборудованием и применяют расходные материалы преимущественно иностранного производства. Этот факт резко контрастирует со всеми разговорами об импортозамещении. Но, если в вопросах импортозамещения судового комплектующего оборудования и технических средств, ситуация сдвинулась с мёртвой точки, то с технологическим оборудованием и СТО верфей она продолжает оставаться весьма драматичной [5].

Традиционные подходы к автоматизации, основанные на использовании жёстко заданных автоматических линий, эффективных в условиях массового выпуска однотипной продукции, оказываются малоприменимыми и экономически нецелесообразными при строительстве судов, где каждая новая серия, а зачастую и единица, требует значительных изменений в технологических процессах [1]. Именно это противоречие между необходимостью повышения производительности и невозможностью использования стандартных решений массового машиностроения создает уникальное окно возможностей для применения промышленной робототехники в судостроении.

Промышленные роботы (ПР), обладающие такими ключевыми для современного производства качествами, как **универсальность, программируемость и способность к быстрой переналадке**, перестают быть просто средством механизации ручного труда. Как показано в работах [2, 3], они становятся ядром принципиально новых производственных систем – **робототехнических комплексов (РТК)**, которые способны гибко адаптироваться к меняющейся номенклатуре изделий. В контексте сборочно-сварочного производства верфей это означает возможность автоматизировать такие сложные и трудоёмкие операции, как сборка и сварка узлов, плоских, лекальных и объёмных секций, крупногабаритных корпусных конструкций (блоков корпуса) и др. с созданием условий для обеспечения гибкости производства [4].

Несмотря на имеющийся в России научно-технический задел, сформированный в ходе создания комплексно-механизированных линий в советский и постсоветский периоды (таких как линия «Янтарь», «Нева», «Невка», «Ритм», агрегатов и станков ССА-1, СКТ-12М, «Океан-2» и др.), современный уровень роботизации отечественных верфей остаётся крайне низким. Доминирующее применение ограничивается роботами-манипуляторами для точечной контактной сварки и решением отдельных транспортных задач. При этом значительная часть оборудования импортируется.

Отечественные разработки в области роботов для дуговой сварки и изготовления корпусных конструкций существуют (например, описанные в источниках [6, 7]), однако их широкому внедрению мешает неразвитость систем адаптации, недостаток квалифицированных кадров и зачастую фрагментарный, а не системный подход к интеграции.

Таким образом, актуальность данной статьи обусловлена острой необходимостью определения чётких, реалистичных и системных перспектив применения ПР именно в условиях российского судостроения. Целью статьи является не только анализ технологического потенциала роботизации, но и выявление ключевых барьеров (технологических, экономических, кадровых) и формулирование комплексной дорожной карты, реализация которой позволит отечественной отрасли совершить качественный скачок в производительности, качестве и, в конечном счёте, в глобальной конкурентоспособности.

Текущее состояние и отправная точка

Несмотря на имеющийся научно-технический задел, уровень роботизации в сборочно-сварочных цехах российских верфей на сегодня можно охарактеризовать как фрагментарный. И даже в этом случае применяются в основном роботы зарубежного производства, ориентированные главным образом на транспортировку деталей к сборочным участкам, точечную контактную сварку и полуавтоматическую дуговую сварку в защитных газах. Отечественные образцы для дуговой полуавтоматической и автоматической сварки разработаны, однако их широкому применению мешает отсутствие развитых систем адаптации к реальным производственным условиям. **Для иллюстрации масштаба проблемы:** по экспертным оценкам, уровень роботизации ключевых сборочно-сварочных операций на отечественных верфях не превышает **5-10%**, в то время как в лидирующих мировых центрах судостроения (Южная Корея, Китай, Япония) для тех же операций этот показатель достигает **70-80%**. Преобладание ручного труда обуславливает высокую долю затрат на оплату труда, которая в себестоимости судна может достигать **40-50%**, а также значительный (до **15-20%**) уровень исправного брака, связанного с «человеческим фактором».

В качестве основных барьеров, очевидно, можно отметить следующие:

1. **технологические:** отсутствие специализированных роботов, адаптированных к изготовлению крупногабаритных и сложнопрофильных корпусных конструкций;
2. **экономические:** высокие первоначальные инвестиции и не всегда очевидная рентабельность для малых серий;
3. **кадровые:** дефицит специалистов по программированию, наладке и обслуживанию РТК.
4. **организационные:** необходимость адаптации конструкторской документации и технологических процессов под возможности роботизированной сборки и сварки;
5. **экономические: обоснование** внедрения роботизированных комплексов требует конкретики. Так, ориентировочная стоимость внедрения РТК для дуговой сварки крупногабаритной секций составляет **30-50 млн. руб.** Однако, при анализе полного цикла, роботизация окупается за 2-4 года за счет:
 - снижения трудоёмкости на **40-60%**;
 - повышения скорости выполнения операций в **1,5-2 раза**;
 - сокращения расхода материалов (например, сварочной проволоки) на **10-15%** за счёт большей точности;

- минимизации брака, стоимость исправления которого на этапе сборки корпуса может в десятки раз превышать затраты на профилактику.

Ключевые перспективные направления роботизации сборочно-сварочного производства и опыт ведущих мировых судостроительных держав

Роботизация сборочно-сварочного производства наиболее очевидное и социально значимое направление, так как оно позволяет освободить людей от выполнения тяжёлых и вредных условий труда. Очевидными решениями здесь являются: создание РТК для сварки корпусных конструкций на основе сварочных роботов, оснащённых системами технического зрения и лазерного сканирования. Это позволит компенсировать неизбежные отклонения в размерах узлов и секций и обеспечит высокое качество шва; внедрение роботов-манипуляторов для точной установки и фиксации листов обшивки, балок набора и других элементов перед сваркой. Данные операции являются одними из самых трудоёмких и опасных для здоровья.

Опыт ведущих мировых судостроительных держав наглядно демонстрирует, что роботизация – это не просто установка автоматических манипуляторов и высокоавтоматизированных СТО, а глубокая реорганизация всего производственного процесса.

В судостроении Южной Кореи (Hyundai Heavy Industries) ключевой акцент сделан на создание полностью роботизированных сборочно-сварочных линий для плоских и криволинейных секций. Роботы интегрированы в единую систему управления производством (MES). Технологии компьютерного зрения используются не только для адаптивной сварки, но и для автоматического контроля геометрии секций в реальном времени, что позволяет оперативно вносить коррективы и предотвращать накопление ошибок.

В европейском судостроении (Meyer Werft, Германия) в условиях еще более мелкосерийного, премиального производства (круизные лайнеры, паромы, мегаяхты) сделана ставка на гибкие роботизированные ячейки и мобильную робототехнику [8]. Например, там широко используются самоходные платформы с роботами-манипуляторами, которые могут быть быстро перенастроены для работы в разных зонах строящегося судна. Это решение оптимально для уникальных проектов, где стационарные линии нерентабельны.

Для Российского судостроения южнокорейский опыт системной интеграции и тотального контроля качества может являться целевым ориентиром для модернизации только крупных серийных проектов. Для большинства же российских верфей, с мелко- и среднесерийной загрузкой производства, немецкий подход с гибкими мобильными комплексами представляется более перспективным.

Ключевые факторы успеха и рекомендации

На основе анализа текущего состояния, барьеров и мирового опыта можно выделить системные факторы, определяющие успех роботизации сборочно-сварочного производства отечественных верфей, и сформулировать конкретные рекомендации для государства, отраслевых институтов и менеджмента предприятий. **Ключевыми факторами успеха для такой трансформации производства, как представляется, должны стать не отдельные технические решения, а синергия следующих факторов:**

1. Системность и цифровая преемственность. Ключевой фактор – отказ от точечной закупки оборудования в пользу создания **интегрированных РТК**, неразрывно связанных с цифровыми двойниками изделий и производственных процессов. Без единой цифровой среды (от CAD/CAM до MES) робот останется изолированным и малоэффективным аппаратом [9];

2. Гибкость и мобильность технологий. Учитывая мелкосерийный характер российского судостроения, приоритет должен отдаваться не стационарным линиям, а **гибким роботизированным ячейкам и мобильным платформам**. Это позволит перенастраивать производство под конкретный проект с минимальными затратами времени и ресурсов [10];

3. Технологический суверенитет и адаптивность. Критически важно развитие отечественных разработок, ориентированных на специфику крупногабаритного судостроения, в первую очередь – **систем адаптивного управления на основе технического зрения и лазерного сканирования**. Это нивелирует неизбежные отклонения в геометрии заготовок и делает робота «интеллектуальным» исполнителем.

4. Кадровый трансформационный лифт. Успех упирается не в операторов, а в **создание новой кадровой экосистемы**: инженеры-робототехники, программисты-интеграторы, сервисные инженеры, технологи, способные проектировать процессы под роботизированную сборку. Необходимо параллельное обучение и переобучение персонала на всех уровнях.

5. Экономическая переоценка эффективности. Внедрение должно основываться не стоимостью оборудования, а **анализом полной стоимости владения (ТСО) и влиянием на итоговую себестоимость судна**. Как показывает анализ, основная экономика складывается за счёт радикального снижения трудоёмкости, брака и расхода материалов.

Для преодоления выявленных барьеров и реализации имеющегося потенциала предлагается следующая дорожная карта (ключевыми стейкхолдерам могут выступать: государство, отрасль, менеджмент судостроительных предприятий):

- **стимулирование кооперации** – разработать и внедрить механизмы государственно-частного партнёрства для финансирования НИОКР по созданию специализированных РТК для судостроения, с фокусом на системы адаптации;
- **образовательный стандарт** – инициировать создание отраслевых образовательных программ на базе ведущих технических вузов и корпоративных академий для подготовки кадров по специальностям «Робототехника в судостроении» и «Цифровые производственные системы»;
- **технологический бенчмаркинг** – сформировать и поддерживать открытую базу данных успешных кейсов внедрения (по аналогии с Meuer Werft) и типовых решений для верфей разного масштаба;
- **принцип «цифра вперед»** – внедрить обязательное требование о создании **адаптированной для роботизации конструкторско-технологической документации** на ранних стадиях проектирования судна. Техпроцессы должны изначально закладываться под возможности РТК;
- **пилотный проект** – начать с внедрения одной-двух гибких роботоячеек для сварки наиболее типовых и трудоёмких узлов (плоские секции, фундаменты). Это позволит отработать методики, обучить персонал и получить быстрый экономический эффект;
- **масштабирование** – на основе успеха пилота тиражировать решения на другие участки, внедряя мобильные РТК для сборки и сварки плоскостных и объёмных секций;
- **сквозная интеграция** – обеспечить интеграцию разрозненных РТК в единую систему управления производством (MES) и в контур цифрового двойника верфи;

- **перестройка логистики и зонирования** – адаптировать планировку цехов под работу мобильных роботов, предусмотрев зоны их свободного перемещения и безопасного взаимодействия с персоналом.

Научно-образовательные, научно-исследовательские и проектные организации очевидно также должны сместить фокус своей деятельности на импортозамещение критических компонентов – сконцентрировать усилия на разработке и сертификации отечественных систем технического зрения, систем позиционирования и программного обеспечения для адаптивной сварки, совместимых с роботами разных производителей – и предлагать отрасли типовые решения путём создания библиотеки типовых роботизированных ячеек и цифровых моделей для основных сборочно-сварочных операций, что снизит затраты и сроки внедрения для конкретных верфей.

Реализация такого подхода, основанного на синтезе системных подходов, гибких технологий и кадровой трансформации, позволит российскому судостроению преодолеть ключевое противоречие между мелкосерийностью и необходимостью роста производительности труда и эффективности производства. Это может и должно привести не просто к модернизации парка СТО, а к **стратегическому переходу к новой производственной парадигме**, где интегрированные РТК становятся основой для достижения прорывной эффективности и глобальной конкурентоспособности.

Выводы

Проведенное исследование позволяет констатировать, что глубокая роботизация сборочно-сварочного производства является не опциональным усовершенствованием, а стратегической необходимостью для выживания и развития российского судостроения в условиях глобальной конкуренции. Анализ текущего состояния отрасли выявил системный кризис, характеризующийся критически низким (5-10%) уровнем роботизации, высокой долей ручного труда в себестоимости и высоким процентом брака, что напрямую связано с «человеческим фактором» и устаревшими технологиями.

Было установлено, что ключевое противоречие между мелкосерийным характером производства и требованием роста производительности принципиально разрешимо. Его решение лежит не в копировании устаревших подходов массового машиностроения, а в переходе к гибким, адаптивным производственным системам. Мировой опыт ведущих судостроительных держав (Южная Корея, Германия) демонстрирует, что успех определяется не единичными роботами-манипуляторами, а глубокой реорганизацией всего производственного процесса вокруг интегрированных РТК.

На основе анализа сформулированы ключевые факторы успеха такой трансформации:

- системность, основанная на неразрывной связи РТК с цифровыми двойниками и сквозной цифровой средой (CAD/CAM/MES);
- гибкость и мобильность, обеспечивающие рентабельность в условиях мелко- и среднесерийного производства;
- адаптивность, достигаемая за счёт внедрения систем технического зрения и лазерного сканирования, что нивелирует неизбежные для судостроения отклонения в геометрии;
- кадровая трансформация, направленная на создание новой экосистемы инженеров-интеграторов, программистов и технологов.
- новая экономическая логика, оценивающая эффективность внедрения через призму полной стоимости владения (ТСО) и радикального снижения затрат на всех этапах жизненного цикла судна.

Предложенная в статье комплексная дорожная карта, включающая меры для государства, отраслевых институтов и менеджмента верфей, задаёт реалистичный

вектор развития. Её реализация, начиная с пилотных проектов и заканчивая сквозной интеграцией, позволит отрасли совершить качественный скачок: повысить производительность на 40-60%, в разы снизить брак и расход материалов, вывести персонал из вредных и тяжелых условий труда.

Таким образом, преодоление технологического отставания российского судостроения возможно через целенаправленный переход к новой производственной парадигме, где ядром конкурентоспособности становятся интеллектуальные, гибкие и полностью интегрированные в цифровую среду робототехнические комплексы. Это не только вопрос технологической модернизации, но и фундаментальная основа для будущего лидерства отечественной отрасли на мировом рынке судостроительных услуг.

Список литературы

1. Бурмистрова А.Е., Щеголева О.А. Проблемы внедрения гибких производственных систем в единичном и мелкосерийном производстве и перспективы замены механизированных поточных линий многофункциональными сборочно-сварочными манипуляторами / *Материалы МНПК для аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России»*. 19 мая 2022 г.: Часть 1. – СПб. : Изд-во ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2022. – С. 109-119. ISBN 978-5-9509-0487-5.
2. Аграфенин Е.С. Проблемы роботизации технологических процессов сборочно-сварочного производства в судостроении // *Технология судостроения*. – 1982. – №11. – С. 30-34.
3. Тимченко В.А. Роботы в производстве сварных конструкций: современное состояние и перспективы / Тимченко В.А., Вернадский В.Н. // *Автоматическая сварка*. 1998. – №5. – С. 55-63.
4. Гусев А. В. Робототехника в судостроении: современные тенденции и перспективы. *Журнал судостроения и судоходства*, 2019 – С. 45-52.
5. Щеголева О.А. Поточная линия или многофункциональный сборочно-сварочный манипулятор? / О.А. Щеголева, А.Е. Бурмистрова, Е.Г. Бурмистров // *Судостроение*. – 2024. – №2. – С. 15-20. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-2-272-281.
6. Пат. 114285 RU, U1. Робототехническое устройство для сварки / Огнев Н.В., Бурмистров Е.Г., Галочкин Д.А. – №2011117731/02; заявлено 03.05.2011; опубл. 20.03.2012, Бюл. №8.
7. А. с. SU880864A1 Установка для изготовления корпусных конструкций / Федотов А.А., Буракин В.Н., Шереметьев Д.Н. – №2830176/27-11; заявлено 17.10.1979; опубл. 15.11.1981, Бюл. №42.
8. Обоснование применения на судостроительных верфях многофункциональных сборочно-сварочных манипуляторов / Е.Г. Бурмистров, О.А. Щеголева, А.Е. Бурмистрова, Т.А. Михеева // *Научные проблемы водного транспорта*. – 2023. – № 74. – С. 27-36 DOI: 10.37890/jwt.vi74.343.
9. Лебедева Е.Г. Реализация информационной поддержки жизненного цикла изделий судостроения как этап построения «бережливого производства» / Е.Г. Лебедева, Ю.Ю. Шванева, А.А. Волоцкой, А.А. Сомпольцева // *Научные проблемы водного транспорта*. Выпуск 63. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – С. 68–76. DOI: 10.37890/jwt.vi63.78.
10. Лазарев А.Н. Эффективность гибких производственных систем в судостроении. – Л.: Судостроение, 1989. – 253с. ISBN 5-7355-0108-9.

References

1. Burmistrova A.E., Shchegoleva O.A. Problems of implementing flexible manufacturing systems in single-unit and small-batch production and prospects for replacing mechanized flow lines with multifunctional assembly and welding manipulators / *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference for graduate students, students and cadets «Modern trends and prospects for the development of water transport in Russia»*. May 19, 2022: Part 1. - St. Petersburg: Publishing house of the Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 2022. - P. 109-119. ISBN 978-5-9509-0487-5.

2. Agrafenin E.S. Problems of robotization of technological processes of assembly and welding production in shipbuilding // Shipbuilding technology. - 1982. - No. 11. - P. 30-34.
3. Timchenko V.A. Robots in the Production of Welded Structures: Current Status and Prospects / Timchenko V.A., Vernadsky V.N. // Automatic Welding. 1998. - No. 5. - Pp. 55-63.
4. Gusev A. V. «Robotics in Shipbuilding: Current Trends and Prospects.» Journal of Shipbuilding and Shipping, 2019 – P. 45-52.
5. Schegoleva O.A. Flow line or multifunctional assembly and welding manipulator? / O.A. Schegoleva, A.E. Burmistrova, E.G. Burmistrov // Shipbuilding. - 2024. - No. 2. - P. 15-20. DOI: 10.21821/2309-5180-2023-15-2-272-281.
6. Patent. 114285 RU, U1. Robotic device for welding / Ognev N.V., Burmistrov E.G., Galochkin D.A. - No. 2011117731/02; declared 03.05.2011; published 20.03.2012, Bulletin №8.
7. A. s. SU880864A1 Installation for manufacturing hull structures / Fedotov A.A., Burakin V.N., Sheremetyev D.N. – №2830176/27-11; declared 17.10.1979; published 15.11.1981, Bulletin №42.
8. Justification for the use of multifunctional assembly and welding manipulators at shipyards / E.G. Burmistrov, O.A. Shchegoleva, A.E. Burmistrova, T.A. Mikheeva // Scientific problems of water transport. - 2023. - No. 73. - P. 27-36 DOI: 10.37890/jwt.vi74.343.
9. Lebedeva, E.G. Implementation of Information Support for the Shipbuilding Product Lifecycle as a Stage in Building Lean Production / E.G. Lebedeva, Yu.Yu. Shvaneva, A.A. Volotskaya, and A.A. Sompoltseva // Scientific Problems of Water Transport. Issue 63. – Nizhny Novgorod: Publishing House of the Volga State University of Water Transport, 2020. – P. 68–76. DOI: 10.37890/jwt.vi63.78.
10. Lazarev, A.N. The Effectiveness of Flexible Production Systems in Shipbuilding. Leningrad: Sudostroenie, 1989. 253 p. ISBN 5-7355-0108-9.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Щеголева Ольга Анатольевна,
аспирант Самарский филиал
Волжского государственного
университета водного транспорта (СФ
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 443036,
Российская Федерация, Самара, ул.
Молодогвардейская, д. 62-64, e-mail:
shh151@mail.ru

Olga A. Shchegoleva, postgraduate
student Samara branch of the Volga State
University of Water Transport (SF
FGBOU VO «VGUVT»), 443036,
Russian Federation, Samara,
Molodogvardeyskaya St., 62-64, e-mail:
shh151@mail.ru

Статья поступила в редакцию 09.10.2025; принята к публикации 10.11.2025;
опубликована онлайн 20.12.2025. Received 09.10.2025; published online 20.12.2025.

УДК 656.62

DOI: 10.37890/jwt.vi85.618

Обоснование геометрических параметров рабочего колеса грунтового насоса

С.Г. Яковлев

ORCID: 0009-0006-7879-3612

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Использование осевого насоса в качестве подпорного в грунтонасосном комплексе землесоса целесообразно и эффективно, и в качестве рабочего органа используют различные рабочие колеса, в том числе и профилированные. Опыт применения осевого насоса с профилированными лопастями показывает, что на начальном этапе эксплуатации обеспечивается высокий к.п.д., который в дальнейшем имеет тенденцию к резкому снижению вследствие неизбежного их износа. Предлагаемое шнековое рабочее колесо постоянного шага имеет упрощенную геометрию, технологично при изготовлении и, что важно, ремонте и при более низком к.п.д. может сохранять свое значение на длительный период работы. Испытания моделей таких насосов позволили построить их характеристики, но для получения оптимального значения к.п.д. и напора на требуемой подаче необходимо проанализировать конкурирующие факторы и определить их значения. К таким факторам, влияющим на параметр оптимизации, относятся диаметры рабочего колеса и втулки, углы установки лопасти, густота решетки на различных радиусах рабочего колеса.

Ключевые слова: осевой насос, шнековое рабочее колесо, диаметр рабочего колеса, угол установки лопасти, густота решетки рабочего колеса, к.п.д. насоса, напор насоса

Justification of geometric parameters of the ground pump impeller

Sergey G. Yakovlev

ORCID: 0009-0006-7879-3612

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The use of an axial pump as a back-up pump in a ground pump complex of a dredger is expedient and effective, and various impellers, including profiled ones, are used as a working body. The experience of using an axial pump with profiled blades shows that at the initial stage of operation, high efficiency is ensured, which later tends to decrease sharply due to their inevitable wear. The proposed constant-pitch screw impeller has a simplified geometry, being technologically advanced in manufacturing and, importantly, repair, and with a lower efficiency can retain its value for a long period of operation. Tests of such pumps' models have allowed us to form their characteristics, but in order to obtain the optimal value of efficiency and pressure at the required supply, it is necessary to analyze competing factors and determine their values. Such factors affecting the optimization parameter include the diameters of the impeller and sleeve, the angles of blade installation, and the density of the grate at various radii of the impeller.

Keywords: axial pump, screw impeller, impeller diameter, blade angle, impeller grid density, pump efficiency, pump head.

Введение

Известно, что установка дополнительного грунтового насоса во всасывающей магистрали трюмного насоса землесоса, как дноуглубительного, так и добывающего, позволяет решать многие задачи: повышение всасывающей способности грунтонасосного комплекса, и как следствие увеличение производительности по грунту, глубины извлечения грунта, устранение кавитационного износа рабочих органов [1,2,3,4,5,6]. Испытания моделей осевого грунтового насоса позволили получить его характеристики, при этом при проектировании насоса достижение максимального к.п.д. считалось основной задачей. Коэффициент полезного действия осевого насоса со шнековым рабочим колесом связан с различными факторами как расчетными, так и конструктивными, к которым относятся коэффициент диаметра шнека, расходный параметр, угол установки лопасти, густота решетки. Рассмотрение результатов испытаний дало возможность проанализировать и обосновать принятые конструктивные решения и определить направления дальнейших исследований.

Методы

Основным параметром, определяющим к.п.д. шнекового рабочего колеса, является коэффициент диаметра шнека $K_{Dш}$ [7]

$$K_{Dш} = \frac{D_{ш}\sqrt{1 - d_{вт}^2}}{\sqrt{\frac{Q}{\omega} \frac{2\pi}{60}}}, \quad (1)$$

где $D_{ш}$ – наружный диаметр шнека;

$d_{вт}$ – втулочное отношение, $d_{вт} = d_{вт}/D_{ш}$;

Q – подача насоса;

ω – угловая скорость.

При этом как показывают эксперименты режим максимального к.п.д. соответствует значению параметра $q_0 = 0,65$ [7]

$$q_0 = \frac{Q}{Q_0}, \quad (2)$$

где Q_0 – подача, при которой напор шнека равен нулю.

Исследованиями [7] установлено, что при значениях $K_{Dш} = 4 \div 4,5$ экономичность шнековых насосов может достигать $0,7 \div 0,8$. Для принятых параметров осевого шнекового насоса $K_{Dш} = 4,4$.

На к.п.д. шнека оказывает влияние угол $\beta_{л1}$ установки лопасти, который связан с расходным параметром q_1 выражением [7]

$$q_1 = \frac{c_{1z}}{\omega r \tan \beta_{л1}}, \quad (3)$$

где c_{1z} – абсолютная скорость потока перед рабочим колесом;

r – радиус рабочего колеса;

$\beta_{л1}$ – угол установки лопасти на радиусе r .

Для шнека постоянного шага углы установки лопасти на входе и выходе на данном радиусе равны и напор создается за счет угла атаки, принимаемого на среднем диаметре в пределах $5 \div 11^\circ$ [7].

В связи с тем, что наибольшие потери энергии в рабочем колесе имеют место в периферийной области выбирают именно периферийную густоту решетки $\tau_{пер}$. Для уменьшения гидравлических потерь необходимо уменьшать густоту проектируемой решетки, однако с её уменьшением растет диффузорность течения в каналах рабочего колеса, а значит создаются условия для отрыва потока от профиля [7].

Для оценки влияния указанных факторов на к.п.д. и напор осевого насоса, изготовленного в масштабе 1:6, были испытаны модели рабочих колес с углами установки лопасти $\beta_{л1ср}$ на среднем диаметре, изменяющимися в диапазоне от $25,5^{\circ}$ до 40° и густотой решетки $\tau_{пер}$ лопасти на периферии, диапазон изменения которой составляет $0,8 \div 1,2$. Основные размеры рабочего колеса для $\beta_{л1ср} = 30^{\circ}$ и $\tau_{пер} = 1,0$ показаны на рис.1. Решетки цилиндрических сечений этого же рабочего колеса у втулки, на среднем диаметре и на периферии представлены на рис.2. Аналогичные расчеты и построения были выполнены и для других моделей рабочих колес.

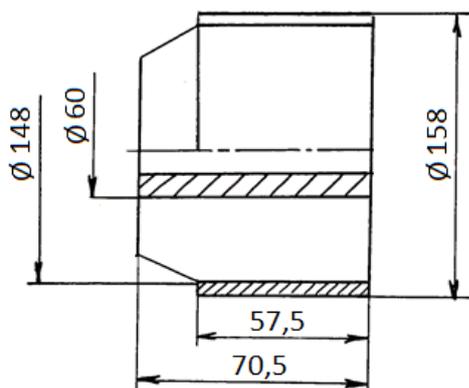


Рис. 1. Основные размеры рабочего колеса с $\beta_{л1ср} = 30^{\circ}$,
 $\tau_{пер} = 1,0$

Режим максимального к.п.д. для шнека постоянного шага с 10% загромождением проходного сечения лопастями приблизительно соответствует $q_1=0,54$ [7]. В исследуемом насосе по результатам испытаний максимум к.п.д. соответствует расходному параметру $q_1=0,49$ (рис.3). При работе шнека на режиме $q_1 < 0,5$ на входе в шнек образуются обратные токи [7, 8]. Причиной появления обратных токов является нарушение радиального равновесия потока жидкости на всасывающей стороне лопасти, что приводит к перемещению жидкости вблизи втулки в сторону увеличения радиуса. В периферийной области колеса радиально движущаяся жидкость, встречая препятствие в виде обечайки, растекается по межлопастному каналу, образуя на всасывающей стороне лопасти источник, и последствиями воздействия обратных токов являются, в частности, неравномерность поля давления на входе в осевое колесо, закручивание активного потока по направлению вращения колеса.

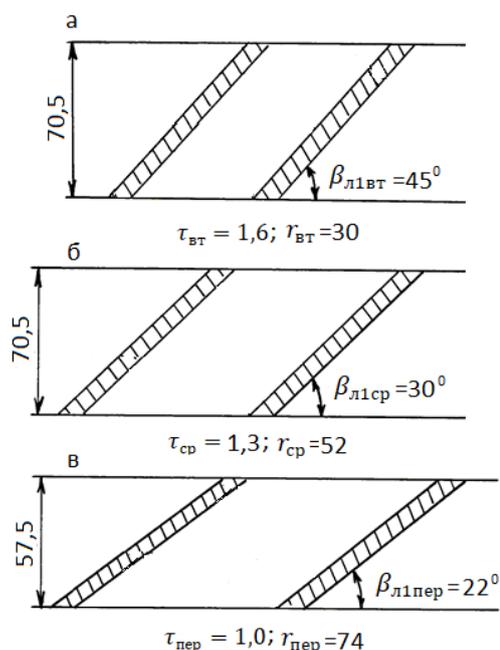


Рис. 2. Решетки профилей осевого рабочего колеса:
а – у втулки; б – на среднем диаметре; в – на периферии

При этом при уменьшении расходного параметра до значений $0,3 < q_1 < 0,4$ расход жидкости, соответствующий противотокам, составляет от 20% до 50% от расхода активного потока [8]. Обратные токи, выходящие из колеса, обладают сравнительно большой энергией и поэтому для их поворота в рабочее колесо тратится значительная доля энергии активного потока, что приводит к ухудшению энергетических характеристик. Однако исследованиями [8] установлено, что при $q_1=0,5$ одновременно с образованием обратных токов во входных участках межлопастных каналов потери напора активного потока скачкообразно уменьшаются и при дальнейшем уменьшении расходного параметра опять постепенно увеличиваются.

При отсутствии обратных токов на воде в шнек основными потерями энергии активного потока при входе в межлопастные каналы будут потери на удар, связанные с тем, что при $0,5 < q_1 < 1$ жидкость натекает на лопасти под некоторым положительным углом атаки. При $q_1=0,5$ обратные токи, возникая на входе в лопасти колеса, закручивают основной поток и способствуют некоторому уменьшению угла атаки на периферии. Это явление сопровождается снижением потерь напора активного потока в периферийной области и снижением потребляемой мощности лопастной системой, т.к. процессами, происходящими на периферии рабочего осевого колеса, в основном, определяются параметры насоса. Такое же явление уменьшения потерь напора с возникновением обратных токов отмечено при рассмотрении полных гидравлических потерь в межлопастных каналах изолированного осевого колеса [8], что, очевидно, должно сопровождаться улучшением энергетических характеристик. Эти можно объяснить повышение экономичности до $\eta=62,7\%$ на подаче $Q=115\text{м}^3/\text{ч}$ ($q_1=0,49$) при испытаниях осевого насоса с рабочим колесом с $\beta_{л1ср} = 30^\circ$ и $\tau_{пер} = 1,0$ (рис.3).

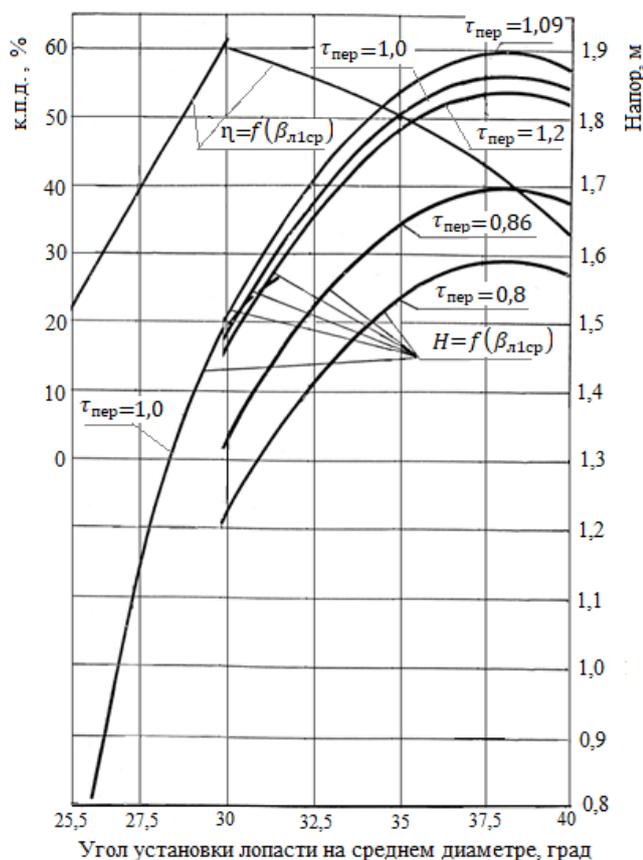


Рис. 3. Зависимости $\eta=f(\beta_{л1ср})$ и $H=f(\beta_{л1ср}, \tau_{пер})$

Область изменения угла установки лопасти на среднем диаметре $25,5^{\circ} \leq \beta_{л1ср} \leq 30^{\circ}$ (рис.3) характеризуется интенсивным увеличением η при увеличении $\beta_{л1ср}$. При этом зависимость $H = f(\beta_{л1ср})$ в указанном интервале приближается к линейной с большим угловым коэффициентом, что свидетельствует о быстром росте напора при увеличении $\beta_{л1ср}$. Такой вид зависимости $H = f(\beta_{л1ср})$ в указанном диапазоне изменения угла установки лопасти объясняется аналогичной линейной зависимостью коэффициента подъёмной силы от угла атаки в зоне его докритических значений.

Для исследования зависимостей $H = f(\beta_{л1ср}, \tau_{пер})$, $\eta = f(\beta_{л1ср})$ проведено зондирование потока за рабочим колесом. При этом влияние $\tau_{пер}$ на к.п.д. в диапазоне $0,8 \leq \tau_{пер} \leq 1,2$ оценивается как незначительное на оптимизируемый параметр. Для измерения потенциального напора использовался цилиндрический зонд с наружным диаметром 3 мм и внутренним 1 мм, основное требование к которому заключается в том, что размеры возмущений, создаваемые внесенным в поток прибором, должны быть достаточно малы. Так как процессы, происходящие за рабочим колесом, обуславливаются шаговой неравномерностью, как следствием работы рабочего колеса с конечным числом лопастей и неравномерностью скоростей в гидродинамических следах за лопастями, вызванной вязкостью жидкости. Следовательно, измерения потенциального напора следует проводить на таком расстоянии, на котором осуществляется достаточное турбулентное выравнивание относительных скоростей. Зависимость, определяющая это минимальное расстояние h , имеет вид [9]

$$h = t \sin^2 \beta_{л2пер}, \quad (4)$$

где t – шаг установки лопасти на периферийном диаметре;
 $\beta_{л2пер}$ – угол установки лопасти на периферии на выходе из рабочего колеса.

Учитывая эти рекомендации, измерения проводились на 30 мм от выходных кромок лопастей рабочего колеса. Для замеров потенциального напора использовался дифференциальный манометр, заполненный водой. Перемещение зонда проводилось вдоль радиуса выправляющего аппарата, расположенного за рабочим колесом, от внутренней стенки до втулки с фиксацией показаний дифференциального манометра через каждые 5 мм перемещения прибора. Результаты измерений рабочих колес с $\beta_{л1ср} = 25,5^0$; $\beta_{л1ср} = 28,5^0$; $\beta_{л1ср} = 30,0^0$; $\beta_{л1ср} = 31,5^0$; $\beta_{л1ср} = 35^0$ представлены на рис. 4. Анализ представленных зависимостей показывает, что с увеличением $\beta_{л1ср}$ от $25,5^0$ до 30^0 потенциальный напор за рабочим колесом возрастает, а при дальнейшем увеличении угла установки лопасти на среднем диаметре снижается. Характер поведения представленных зависимостей подтверждает, что создаваемый рабочим колесом напор неодинаков на различных радиусах. Наибольший потенциальный напор создается при работе с рабочим колесом с $\beta_{л1ср} = 30^0$, вследствие чего меньшая доля энергии теряется в процессе преобразования скоростного напора в давление, что влияет на рост к.п.д. Сравнительно небольшие углы установки лопасти при испытаниях рабочих колес с $25,5^0 \leq \beta_{л1ср} \leq 30^0$, а, следовательно, и относительно небольшие окружные составляющие абсолютной скорости на выходе из колеса позволяют сделать вывод, что развиваемый напор растет быстрее, чем сопутствующие этому росту потери. Этим объясняется увеличение к.п.д. при изменении $\beta_{л1ср}$ от $25,5^0$ до 30^0 до своего максимального значения (рис.3).

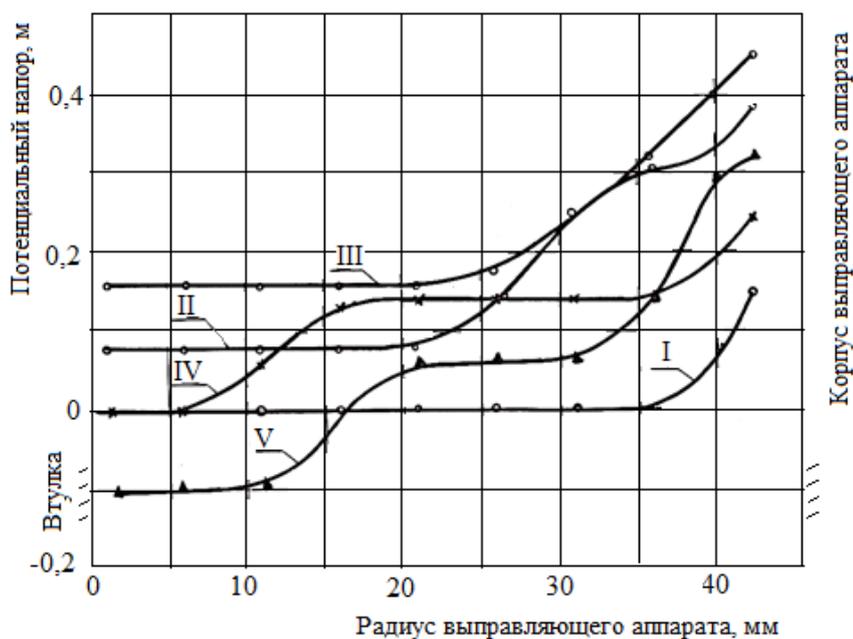


Рис. 4. Результаты измерений потенциального напора за рабочим колесом модели осевого насоса:

I – $\beta_{л1ср} = 25,5^0$; II – $\beta_{л1ср} = 28,5^0$; III – $\beta_{л1ср} = 30,0^0$;
 IV – $\beta_{л1ср} = 31,5^0$; V – $\beta_{л1ср} = 35^0$

Дальнейшее увеличение $\beta_{л1ср}$ от 30^0 до 40^0 сопровождается увеличением угла атаки и падением степени реактивности насоса, что подтверждают замеры потенциального напора за рабочими колесами с $\beta_{л1ср} = 31,5^0$ и $\beta_{л1ср} = 35^0$ (рис. 4). При этом напор возрастает, в основном, за счет его динамической составляющей, поэтому увеличиваются и гидравлические потери. Кроме того, с ростом угла атаки при $Q=const.$ величина расходного параметра q_1 уменьшается, что свидетельствует об увеличивающейся зоне вихревых противотоков на входе в рабочее колесо. Этот процесс сопровождается ростом мощности гидравлического торможения, вследствие чего происходит ухудшение энергетических показателей насоса в рассматриваемом диапазоне увеличения $\beta_{л1ср}$.

В насосных решетках профилей по мере увеличения угла атаки на всасывающей стороне лопасти возникает значительное разрежение, а значит возрастает градиент давления вдоль лопасти. Рост продольного перепада давления при достижении критического угла атаки вызывает отрыв пограничного слоя и вследствие нарушения плавности обтекания всасывающей стороны лопасти напор становится меньше. Описываемым явлением объясняется изменение характера кривой $H = f(\beta_{л1ср})$ при $35^0 \leq \beta_{л1ср} \leq 40^0$ (рис.3). В этой области увеличение $\beta_{л1ср}$ сопровождается более медленным ростом напора с достижением его максимального значения при $\beta_{л1ср} \cong 38^0$. Вследствие достижения критических углов атаки происходит быстрое уменьшение коэффициента подъемной силы профиля, сопровождающееся дополнительными потерями. Поэтому при $\beta_{л1ср} > 38^0$ кривая $\eta = f(\beta_{л1ср})$ круто падает вниз. Осевое колесо, представляющее шнек постоянного шага, в значительной мере подвержено опасности отрыва потока, т.к. подъемная сила на профиле создается за счет угла атаки, отчего увеличение $\beta_{л1ср}$ с некоторых значений сопровождается снижением экономичности насоса.

Выводы

Исследована априорная информация, позволяющая ориентироваться на достижение оптимальной экономичности проектируемого насоса. Испытания шнековых моделей рабочих колес с углами установки лопасти на среднем диаметре $\beta_{л1ср}$ диапазоне от $25,5^0$ до 40^0 и густотой решетки лопасти на периферии $0,8 \leq \tau_{пер} \leq 1,2$ дали возможность получить экспериментальные зависимости напора насоса и к.п.д. от выбранных факторов. Изучение процессов, происходящих в рабочем колесе, представляющем шнек постоянного шага, и обоснование его геометрических размеров позволили добиться максимального к.п.д. $\eta = 62,7\%$ и требуемого напора $H = 1,5$ м с рабочим колесом с углом установки лопасти на среднем диаметре $\beta_{л1ср} = 30^0$ и густотой решетки на периферии $\tau_{пер} = 1,09$.

Список литературы

1. Арефьев Н.Н. Обоснование выбора бустерного насоса на всасывающей линии землесосного снаряда // Гидротехническое строительство. 2017. № 8. С. 9–12.
2. Шкундин Б.М., Огородников С.П., Мариенков В.П. О применении погружных грунтовых насосов. – Гидротехническое строительство, 1971, №11, с.50-51.
3. Стариков А.С. Применение погружных грунтовых насосов на земснарядах Минречфлота /Тезисы докладов всесоюзного научн.-техн. Собрания «Интенсификация гидромеханизированных работ и подводной добычи с применением погружных грунтонасосных комплексов». – М.: ЦП ВНТГО, 1989, с.38-40.
4. Ялтанец И.М., Урисман Я. Я., Кожевников Н. Н. О целесообразности изготовления и эксплуатации земснарядов с погружными грунтовыми насосами // Гидротехническое строительство. 2017. № 2. С. 25–28.
5. Огородников С. П., Михеев И. И., Кулаков А. Е. Применение погружных осевых грунтовых насосов – эффективное направление повышения всасывающей

- способности земснарядов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2006. СВ Гидромеханизация. С. 112–116.
6. Яковлев С.Г. Исследование эксплуатационных режимов работы бустерного грунтового насоса. Транспорт. Горизонты развития. 2023: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». — URL: http://вф-река-море.рф/2023/2_21.pdf (дата обращения 08.01.2024)
 7. Высокооборотные лопаточные насосы. Под ред. д-ра техн. наук Б.В. Овсянникова и д-ра техн. наук В.Ф. Чебаевского. М.: Машиностроение, 1975. – 336с.
 8. Чебаевский В.Ф., Петров В.И. Кавитационные характеристики высокооборотных шнеко-центробежных насосов. Под ред. Гришина С.Д. М.: Машиностроение, 1973. – 151 с.
 9. Кузина А.И., Папир А.Н., Чепелев А.М. Малогабаритные коленные отводы осевых насосов. – Научн. тр. Моск. энерг. ин-т., 1984, №35, с.100-106.

References

1. Arefyev N.N. Justification for the selection of a booster pump on the suction line of a suction dredger // Hydrotechnical construction. 2017. No. 8. Pp. 9–12.
2. Shkundin B.M., Ogorodnikov S.P., Marienkov V.P. On the use of submersible soil pumps. – Hydrotechnical construction, 1971, No. 11, pp. 50–51.
3. Starikov A.S. Use of submersible soil pumps on dredgers of the Ministry of River Fleet / Abstracts of reports of the All-Union Scientific and Technical Conference “Intensification of hydromechanized operations and underwater production using submersible soil pumping systems”. – Moscow: CP VNTGO, 1989, pp. 38–40.
4. Yaltanets I.M., Urisman Ya. Ya., Kozhevnikov N. N. On the feasibility of manufacturing and operating dredgers with submersible soil pumps // Hydrotechnical construction. 2017. No. 2. Pp. 25–28.
5. Ogorodnikov S.P., Mikheev I.I., Kulakov A.E. Using submersible axial soil pumps is an effective way to increase the suction capacity of dredgers // Mining information and analytical bulletin. 2006. SV Gidromekhanizatsiya. Pp. 112–116.
6. Yakovlev S.G. Study of operating modes of a booster soil pump. Transport. Development Horizons. 2023: Proceedings of the international scientific and practical forum. FSBEI HE «VSUVT». — URL: http://вф-река-море.рф/2023/2_21.pdf (date of access 08.01.2024)
7. High-speed vane pumps. Edited by Dr. of Engineering Sciences B.V. Ovsyannikov and Dr. of Engineering Sciences V.F. Chebaevsky. Moscow: Mechanical Engineering, 1975. – 336 p.
8. Chebaevsky V.F., Petrov V.I. Cavitation characteristics of high-speed screw-centrifugal pumps. Edited by Grishin S.D. Moscow: Mechanical Engineering, 1973. – 151 p.
9. Kuzina A.I., Papir A.N., Chepelev A.M. Small-sized elbow bends of axial pumps. – Scientific tr. Moscow Energy Institute, 1984, No. 35, pp. 100-106.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Яковлев Сергей Герасимович, к.т.н., доцент, профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: yack17@yandex.ru

Sergey G. Yakovlev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Operation of Marine Power Plants, Volga State University of Water Transport, 603950

Статья поступила в редакцию 24.06.2025; принята к публикации 20.07.2025; опубликована онлайн 13.10.2025. Received 24.06.2025; published online 20.12.2025.

СУДОВОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

SHIP POWER EQUIPMENT

УДК 62-134

DOI: 10.37890/jwt.vi85.662

Характеристики судовой активной турбинной ступени, приводящей вспомогательные механизмы рабочими колесами встречного вращения

В.Л. Конюков

Керченский государственный морской технологический университет, г. Керчь, Россия

Аннотация. В работе рассмотрены актуальные проблемы повышения эффективности турбинных приводов судовых вспомогательных механизмов. Замена ряда индивидуальных турбинных приводов судовых механизмов на парный привод, механически не связанными рабочими колесами встречного вращения позволит повысить эксплуатационную эффективность судна. В процессе исследований получены основные геометрические, режимные, мощностные и моментные параметры в зависимости от скоростной характеристики для активной турбинной ступени с рабочими колесами встречного вращения.

Установлено, что для исследованного диапазона скоростной характеристики изменение угла выхода из первой рабочей решетки не превышает 10 град., в то время как для второй рабочей решетки с повышением скоростной характеристики имело место резкое увеличение угла выхода. Выбор выходных углов потока из рабочих решеток проводился на основании высокой экономичности и соотношений мощностей рабочих колес, расширяющих мощностной ряд двух вспомогательных механизмов, приводимых одной турбинной ступенью. В процессе исследований установлено, что с уменьшением скоростной характеристики разность между мощностями рабочих колес снижается. Анализ моментных характеристик показал, что второе рабочее колесо обладает большей склонностью к саморегулированию, то есть к поддержанию частоты вращения при изменении нагрузки на ротор. Полученные мощностные и моментные эксплуатационные показатели могут служить основанием для подбора вспомогательных механизмов, приводимых рабочими колесами встречного вращения при проектировании морских судов и их энергетических установок.

Ключевые слова: турбинная ступень, соосные рабочие колеса встречного вращения, скоростная характеристика, мощность, коэффициент полезного действия, крутящий момент, углы потока.

Characteristics of the ship's active turbine stage that drives auxiliary mechanisms with counter-rotating impellers

Viacheslav L. Konyukov

Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russia

Abstract. The paper discusses the current problems of increasing the efficiency of turbine drives for ship auxiliary mechanisms. Replacing a number of individual turbines drives for ship mechanisms with a pair of drives that are mechanically unconnected by counter-rotating impellers will increase the operational efficiency of the vessel. The research process has yielded the main geometric, regime, power and torque parameters depending on the speed characteristic for an active turbine stage with counter-rotating impellers.

It was found that for the investigated range of the speed characteristic, the change in the exit angle from the first working grid does not exceed 10 degrees, while for the second working

grid, there was a sharp increase in the exit angle with an increase in the speed characteristic. The choice of the exit angles of the flow from the working grids was based on the high efficiency and power ratios of the impellers, which expanded the power range of the two auxiliary mechanisms driven by a single turbine stage. During the research, it was found that as the speed characteristic decreased, the difference between the powers of the impellers decreased. The analysis of the torque characteristics showed that the second impeller has a greater tendency to self-regulation, i.e., to maintain the rotational speed when the load on the rotor changes. The obtained power and torque performance indicators can serve as a basis for selecting auxiliary mechanisms driven by counter-rotating impellers when designing marine vessels and their power plants.

Keywords: turbine stage, coaxial counter-rotating impellers, speed characteristic, power, efficiency, torque, and flow angles.

Введение

Современные морские суда имеют большое количество вспомогательных механизмов, обслуживающих главную энергетическую установку и потребители общесудового назначения, обеспечивающие жизнедеятельность и безопасность судна [1]. На отдельных судах суммарная мощность вспомогательных и общесудовых механизмов может превышать 60% мощности главных двигателей. В связи с этим эксплуатационная эффективность вспомогательных механизмов оказывает существенное влияние на рентабельность судна. Практически каждый вспомогательный механизм имеет индивидуальный привод, в качестве которых широко применяются вспомогательные паровые турбины. Использование паровых турбин для привода грузовых насосов на танкерах соответствует требованиям пожарной безопасности. На ледоколах, оснащенных ядерными энергетическими установками, также для привода вспомогательных механизмов (питательных насосов, циркуляционных насосов забортной воды и др.) используют вспомогательные паровые турбины [2, 3]. Турбины относятся к высокооборотным двигателям, в то время как потребители механической энергии работают с меньшими оборотами. В связи с этим в качестве вспомогательных турбин часто используют ступени с двумя ступенями скорости [4]. Такие турбинные ступени позволяют получить повышенную экономичность при пониженной частоте вращения ротора.

На морских судах, практически каждый механизм вспомогательного и общесудового назначения, имеет индивидуальный привод. Исключение составляют вспомогательные механизмы, навешенные на главный двигатель.

В процессе проектирования и эксплуатации судовых вспомогательных механизмов возникают проблемы подбора привода вспомогательных машин, отличающихся потребляемой мощностью, частотой вращения и другими эксплуатационными показателями. Причем, соотношения этих характеристик для различных режимов эксплуатации могут изменяться. Привод двух вспомогательных механизмов одной паровой или газовой турбинной ступенью с двумя рабочими колесами встречного вращения позволит улучшить технико-экономические показатели судна. При этом уменьшатся капитальные затраты на судовое оборудование в связи с уменьшением количества вспомогательных турбин, систем подвода и отвода пара, систем автоматики и др. Особенно следует отметить повышение экономичности вспомогательных турбин с увеличением их мощности по причине повышения расхода рабочего тела [5]. Отсутствие механической связи между рабочими колесами расширяет перечень вспомогательных механизмов для такого привода. В качестве примера можно использовать одну паровую турбину на танкерах для привода двух грузовых насосов с целью параллельного откачивания двух сортов нефтепродуктов. На ледоколах одну вспомогательную паровую турбину можно использовать для привода питательного насоса паропроизводящего устройства и конденсатного насоса или питательного насоса и циркуляционного насоса забортной воды [2].

Об использовании турбомашин с рабочими колесами встречного вращения известно давно [6, 7, 8]. Они могут использоваться в вентиляторах, компрессорах, насосах и турбинах. Такие турбомашины позволяют увеличить мощность за счет повышения располагаемой работы и увеличить КПД при пониженных частотах вращения. Суммарные характеристики турбинных ступеней с двумя соосными рабочими колесами встречного вращения аналогичны турбине с двумя ступенями скорости (ступень Кертиса) [9, 10]. Существенными конструктивными отличиями таких турбинных ступеней от ступеней Кертиса является отсутствие направляющего аппарата второй ступени скорости и отсутствие механической связи между рабочими решетками. Исключение из проточной части второй ступени скорости направляющего аппарата приводит к вращению рабочих колес в противоположных направлениях.

Наиболее подробные исследования турбомашин с рабочими колесами встречного вращения представлены в работах [11, 12, 13, 14]. Следует отметить, что результаты исследований, представленные в литературе, посвящены, в основном, вентиляторам, компрессорам, насосам и гидротурбинам. Исследования характеристик паровых и газовых турбин со встречным вращением рабочих колес, с учетом сжимаемости рабочего тела в литературе отсутствуют. Наличие в турбинной ступени двух потоков отвода механической энергии, которые имеют только термодинамическую связь, усложняет исследование их внешних характеристик. В связи с этим задачи по определению проектных и эксплуатационных показателей турбин со встречным вращением рабочих колес, работающих на привод двух судовых механизмов, являются в настоящее время актуальными. Использование таких турбин позволит повысить эксплуатационную эффективность морских судов.

Цель работы. Оценка основных геометрических характеристик и анализ мощностных и моментных эксплуатационных показателей активной турбинной ступени с одинаковыми окружными скоростями встречно вращающихся рабочих колес.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований является турбинная осевая ступень с двумя рабочими колесами встречного вращения (рис. 1). В состав такой ступени входят сопловой аппарат 1, и два последовательно соосно расположенных рабочих аппарата 2, 3, которые не имеют механической связи. Механическая энергия первого рабочего колеса отводится в сторону соплового аппарата 4, второго, соответственно, в противоположную сторону 5.

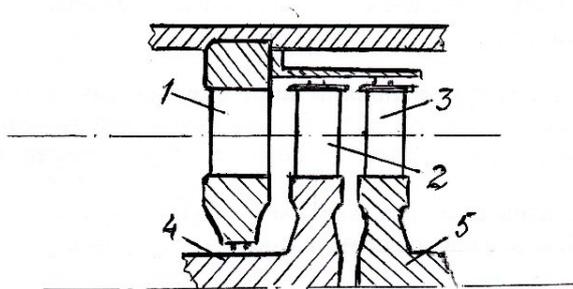


Рис. 1. Общий вид турбинной ступени

В общем случае располагаемая работа турбинной ступени L_0 распределяется между сопловым аппаратом и рабочими аппаратами

$$L_0 = L_{01} + L_{021} + L_{022} \quad (1)$$

где L_{01} – располагаемая работа соплового аппарата; L_{021} – располагаемая работа первого рабочего аппарата; L_{022} – располагаемая работа второго рабочего аппарата.

Если степень реактивности первой рабочей решетки обозначить ρ_1 , а второй рабочей решетки, соответственно, ρ_2 , располагаемые работы турбинных решеток можно представить

$$L_{01} = (1 - \rho_1 - \rho_2)L_0, L_{021} = \rho_1 L_0, L_{022} = \rho_2 L_0. \quad (2)$$

В активной турбинной ступени вся её располагаемая работа срабатывается в сопловом аппарате.

Окружная работа ступени L_u представляет сумму окружных работ первого рабочего колеса L_{u1} и второго рабочего колеса L_{u2}

$$L_u = L_{u1} + L_{u2}. \quad (3)$$

На данном этапе исследований, с целью упрощения предположим, что окружные скорости для средних диаметров входных и выходных сечений рабочих колес не изменяются $u_{11} = u_{12} = u_{21} = u_{22} = u$. Тогда окружная работа рабочих колес может быть представлена известными соотношениями [10]

$$L_{u1} = u(w_{11u} + w_{12u}) = u(w_{11}\cos\beta_{11} + w_{12}\cos\beta_{12}), \quad (4)$$

$$L_{u2} = u(w_{21u} + w_{22u}) = u(w_{21}\cos\beta_{21} + w_{22}\cos\beta_{22}), \quad (5)$$

второго рабочего колеса, векторы которых направлены под углами соответственно β_{11} и β_{12} ; w_{21} , w_{22} – относительные скорости потока на входе и на выходе из первого рабочего колеса, векторы которых направлены под углами соответственно β_{21} и β_{22} . Вектора скоростей и углы потока по проточной части турбинной ступени приведены на рис. 2.

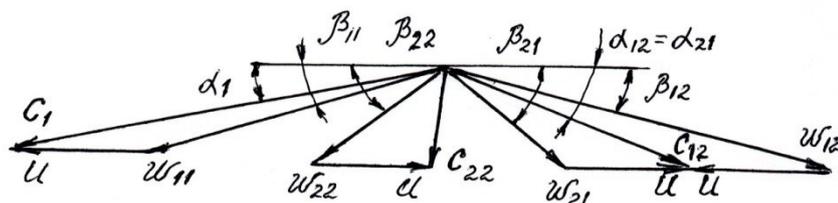


Рис. 2. Треугольники скоростей для встречного вращения рабочих колес

Следует отметить, что в выражениях (4) и (5) соотношения в скобках представляют алгебраические суммы, и они записаны с учетом, что проекции относительных скоростей на выходе из рабочих решеток направлены против вектора окружной скорости.

Для активной турбинной ступени ($\rho_1 = \rho_2 = 0$) отношения скоростей $\frac{w_{12}}{w_{11}} = \psi_1$, $\frac{w_{22}}{w_{21}} = \psi_2$ представляют коэффициенты скорости, соответственно, первой и второй рабочей решетки турбинных профилей. Таким образом, окружную работу рабочих колес можно представить

$$L_{u1} = uw_{11}\cos\beta_{11}(1 + \psi_1 \frac{\cos\beta_{12}}{\cos\beta_{11}}), \quad (6)$$

$$L_{u2} = uw_{21}\cos\beta_{21}(1 + \psi_2 \frac{\cos\beta_{22}}{\cos\beta_{21}}). \quad (7)$$

Из треугольников скоростей для характерных сечений турбинной ступени можно записать соотношения

$$w_{11} \cos \beta_{11} = c_1 \cos \alpha_1 - u, \tag{8}$$

$$w_{21} \cos \beta_{21} = \psi_1 \frac{\cos \beta_{12}}{\cos \beta_{11}} (c_1 \cos \alpha_1 - u) - 2u, \tag{9}$$

здесь c_1 – абсолютная скорость потока на выходе из соплового аппарата, вектор которого направлен под углом α_1 (рис.2).

На основании приведенных выше соотношений суммарную окружную работу активной турбинной ступени с двумя рабочими колесами встречного вращения при условии их одинаковой окружной скорости можно записать

$$L_u = u(c_1 \cos \alpha_1 - u) \left(1 + \psi_1 \frac{\cos \beta_{12}}{\cos \beta_{11}} \right) + \tag{10}$$

$$+ u \left[\psi_1 \frac{\cos \beta_{12}}{\cos \beta_{11}} (c_1 \cos \alpha_1 - u) - 2u \right] \left(1 + \psi_2 \frac{\cos \beta_{22}}{\cos \beta_{21}} \right).$$

Окружной КПД турбины представляет отношение окружной работы к работе располагаемой. В активной турбинной ступени располагаемая работа соответствует изменению внешней кинетической энергии потока при изоэнтропийном процессе в сопловом аппарате. На основании этого можно записать

$$L_0 = \frac{c_1^2}{2\varphi^2}, \tag{11}$$

где φ – коэффициент скорости соплового аппарата.

После преобразований окружной КПД будет иметь вид

$$\eta_u = 2\varphi^2 \left[\begin{aligned} &v_1 \cos \alpha_1 \left(1 + 2\psi_1 \frac{\cos \beta_{12}}{\cos \beta_{11}} + \psi_1 \psi_2 \frac{\cos \beta_{12} \cos \beta_{22}}{\cos \beta_{11} \cos \beta_{21}} \right) - \\ &- v_1^2 \left(3 + 2\psi_1 \frac{\cos \beta_{12}}{\cos \beta_{11}} + \psi_1 \psi_2 \frac{\cos \beta_{12} \cos \beta_{22}}{\cos \beta_{11} \cos \beta_{21}} + 2\psi_2 \frac{\cos \beta_{22}}{\cos \beta_{21}} \right) \end{aligned} \right], \tag{12}$$

где $v_1 = \frac{u}{c_1}$ – скоростная характеристика турбинной ступени.

Согласно выражению (12) зависимость окружного КПД от скоростной характеристики имеет вид перевернутой параболы, следовательно, существует оптимальное значение скоростной характеристики v_{1opt} , соответствующее максимальному окружному КПД. Для определения v_{1opt} выражение (12) было исследовано на экстремум, приравняв первую производную по v_1 нулю, т.е. $\frac{\partial \eta_u}{\partial v_1} = 0$.

После дифференцирования и преобразований получили

$$v_{1opt} = \frac{\cos \alpha_1}{2} \frac{1}{1+A}, \tag{13}$$

где $A = \frac{2(1 + \psi_2 \frac{\cos \beta_{22}}{\cos \beta_{21}})}{1 + 2\psi_1 \frac{\cos \beta_{12}}{\cos \beta_{11}} + \psi_1 \psi_2 \frac{\cos \beta_{12} \cos \beta_{22}}{\cos \beta_{11} \cos \beta_{21}}}$.

Из выражения (13) следует, что с увеличением A оптимальное значение скоростной характеристики уменьшается, что соответствует снижению частоты вращения при фиксированной располагаемой работе турбинной ступени [15].

Максимальное значение окружного КПД было получено после подстановки выражения (13) в уравнение (12), таким образом, после преобразований получено

$$\eta_{umax} = \varphi^2 \frac{\cos \alpha_1}{2} \frac{1}{1+A} \left[1 + 2\psi_1 \frac{\cos \beta_{12}}{\cos \beta_{11}} + \psi_1 \psi_2 \frac{\cos \beta_{12} \cos \beta_{22}}{\cos \beta_{11} \cos \beta_{21}} \right]. \tag{14}$$

Из выражения (14) следует, что максимальное значение КПД ступени зависит от углов выхода потока из соплового аппарата α_1 и рабочих решеток β_{12} и β_{22} , которые в процессе эксплуатации при изменении режима не изменяются. Углы потока в проточной части турбины связаны с длинами соответствующих лопаток. Для снижения угла раскрытия проточной части в меридиональной плоскости турбинной ступени рекомендуют использовать следующее соотношение осевых составляющих скоростей потока [16]

$$\frac{c_{12a}}{c_{11a}} = 1 + 0,4\rho_1, \frac{c_{22a}}{c_{21a}} = 1 + 0,4\rho_2, \tag{15}$$

где ρ_1 – степень реактивности первой рабочей решетки; ρ_2 – степень реактивности второй рабочей решетки.

Для активной турбинной ступени с рабочими колесами встречного вращения $\rho_1 = \rho_2 = 0$, угол выхода потока из соответствующей рабочей решетки, с учетом (15), определялся по выражениям

$$\beta_{12} = \arcsin\left(\frac{c_1}{w_{12}} \sin\alpha_1\right), \beta_{22} = \arcsin\left(\frac{w_{12}}{w_{22}} \sin\beta_{12}\right). \tag{16}$$

В этих уравнениях отношения скоростей связаны со скоростной характеристикой соотношениями

$$\frac{w_{12}}{c_1} = \psi_1 \sqrt{1 + v_1^2 - 2v_1 \cos\alpha_1}, \tag{17}$$

$$\frac{w_{22}}{c_1} = \psi_2 \sqrt{\left(\frac{w_{12}}{c_1}\right)^2 + 4v_1^2 - 4v_1 \frac{w_{12}}{c_1} \cos\beta_{12}}. \tag{18}$$

Следует отметить, что в выражениях (13) и (14) входные углы на рабочие решетки β_{11} и β_{21} соответствовали безударному обтеканию рабочих лопаток, поэтому срывные потери энергии, вызванные углами атаки не учитывались [17].

Важным эксплуатационным показателем турбин является крутящий момент, соотношение которого с частотой вращения ротора определяет склонность турбины к саморегулированию. Отсутствие механической связи между рабочими колесами соответствует наличию индивидуальной моментной характеристики для каждого рабочего колеса. Анализ моментных характеристик проводился относительно суммарного момента номинального режима. В этом случае относительные моменты первого и второго рабочих колес определялись по выражениям

$$\bar{M}_1 = \frac{(\cos\alpha_1 - v_{10})\left(1 + \psi_1 \frac{\cos\beta_{120}}{\cos\beta_{110}}\right) + (v_{10} - v_1)}{(\cos\alpha_1 - v_{10})\left(1 + \psi_1 \frac{\cos\beta_{120}}{\cos\beta_{110}}\right) + \frac{w_{210}}{c_{10}} \cos\beta_{210} (1 + \psi_2 \frac{\cos\beta_{220}}{\cos\beta_{210}})}, \tag{19}$$

$$\bar{M}_2 = \frac{\frac{w_{210}}{c_{10}} \cos\beta_{210} (1 + \psi_2 \frac{\cos\beta_{220}}{\cos\beta_{210}}) + 2(v_{10} - v_1)}{(\cos\alpha_1 - v_{10})\left(1 + \psi_1 \frac{\cos\beta_{120}}{\cos\beta_{110}}\right) + \frac{w_{210}}{c_{10}} \cos\beta_{210} (1 + \psi_2 \frac{\cos\beta_{220}}{\cos\beta_{210}})}, \tag{20}$$

где параметры номинального режима дополнительно обозначены индексом «0».

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно уравнению (12) окружной КПД турбинной ступени с двумя рабочими колесами встречного вращения зависит от скоростной характеристики v_1 и углов потока при обтекании рабочих лопаток. В процессе эксплуатации углы выхода из соплового и рабочих аппаратов не изменяются. Для назначения оптимальных выходных углов рабочих решеток профилей β_{120} и β_{220} , удовлетворяющих

рекомендуемым условиям раскрытия проточной части в меридиональной плоскости (15) и связей со скоростной характеристикой (16), были выполнены расчетно-теоретические варианты проработки турбинной ступени для различных v_1 . В процессе исследований были приняты параметры: угол выхода потока из соплового аппарата $\alpha_1=12$ град., коэффициент скорости соплового аппарата $\varphi=0,97$, коэффициенты скоростей рабочих решеток $\psi_1 = \psi_2=0,95$. В процессе исследований обтекание рабочих лопаток принималось безударным.

Зависимости углов выхода β_{12} и β_{22} от скоростной характеристики в соответствии с уравнениями (16), (17), (18) представлены на рис.3. Из рисунка следует, что для исследованного диапазона скоростной характеристики угол выхода из первой рабочей решетки β_{12} изменялся не более чем на 10 град., в то время как угол выхода из второй рабочей решетки β_{22} при $v_1>0,1$ резко увеличивался. Такой характер изменения β_{22} свидетельствует о снижении изогнутости профиля рабочей лопатки при увеличении v_1 и, соответственно снижению мощности второй рабочей решетки.

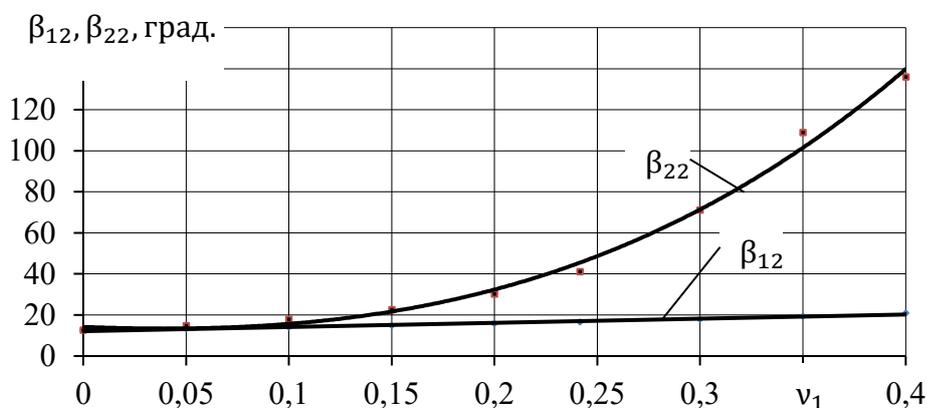


Рис. 3. Изменения выходных углов рабочих решеток

Для каждого значения v_1 и соответствующих углов β_{12} и β_{22} по уравнению (15) вычислялся окружной КПД турбинной ступени и окружные КПД рабочих колес. Наибольшее значение окружного КПД турбинной ступени было получено для $v_1=0,3$. При этом мощность первого рабочего колеса составила 85%, второго, соответственно, 15%.

С целью расширения мощностного ряда вспомогательных механизмов приводимых одной турбинной ступенью активного типа с двумя соосными рабочими колесами встречного вращения скоростная характеристика была занижена до значения $v_1=0,25$. При этом, мощность первого рабочего колеса снизилась до 77%, а мощность второго рабочего колеса увеличилась до 23%. Углы выхода из рабочих решеток для принятого значения $v_1=0,25$ составили $\beta_{120}=17$ град., $\beta_{220}=42$ град. Следует отметить, что понижение скоростной характеристики с $v_1=0,3$ до $v_1=0,25$ привело к уменьшению окружного КПД ступени на 2,5%. На рис.4 представлены зависимости окружного КПД турбинной ступени и рабочих колес от скоростной характеристики для назначенных углов выхода из рабочих решеток. Из рисунка следует, что с уменьшением скоростной характеристики доля мощности второго рабочего колеса увеличивается.

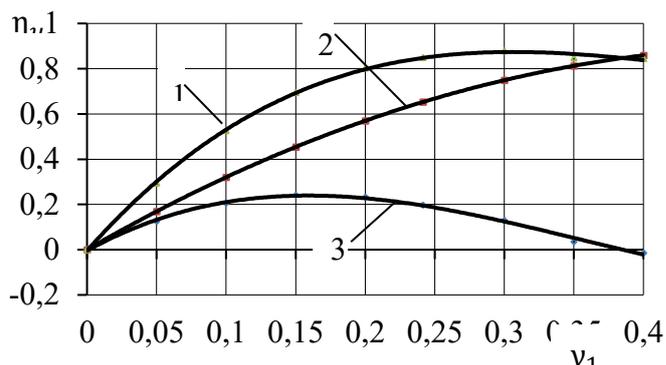


Рис. 4. Зависимости окружного КПД от скоростной характеристики:
1 – турбинной ступени; 2 – первого рабочего колеса; 3 – второго рабочего колеса

Относительные моментные характеристики рабочих колес для назначенных выходных углов приведены на рис. 5. Второе рабочее колесо имеет более интенсивное изменение момента с увеличением скоростной характеристики. Это свидетельствует о том, что второе рабочее колесо обладает большей склонностью к саморегулированию, то есть к поддержанию частоты вращения при изменении нагрузки на ротор.

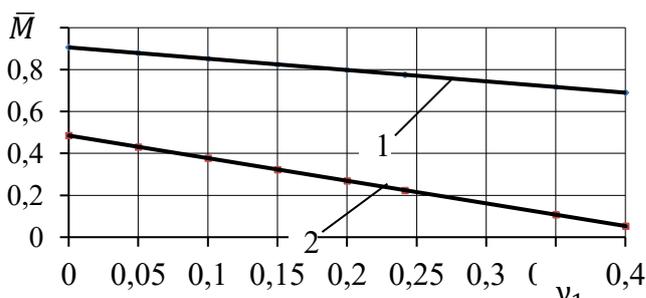


Рис. 5. Зависимости относительного момента от скоростной характеристики:
1 – первого рабочего колеса; 2 – второго рабочего колеса

Выводы

В работе получены зависимости основных геометрических и эксплуатационных характеристик активной турбинной ступени с двумя соосными колесами встречного вращения для одинаковых окружных скоростей. Использование таких турбинных ступеней для привода двух вспомогательных механизмов взамен индивидуальных их приводов позволит снизить массогабаритные показатели судового вспомогательного оборудования и обеспечить повышенную экономичность при низких значениях скоростной характеристики или при пониженных оборотах роторов. В то же время полученные мощностные и моментные эксплуатационные показатели могут служить основанием для подбора вспомогательных механизмов приводимых рабочими колесами встречного вращения на этапе проектирования или модернизации судового оборудования.

В процессе исследований выявлено, что изменение скоростной характеристики приводит к изменению соотношений между мощностями первого и второго рабочих колес. При этом с уменьшением скоростной характеристики относительная мощность второго рабочего колеса повышается, а относительная мощность первого рабочего колеса, соответственно, уменьшается.

Анализ моментных характеристик показал, что второе рабочее колесо обладает большей склонностью к саморегулированию, то есть к поддержанию частоты вращения при изменении нагрузки на ротор.

Работа представляет первый этап исследований турбинной ступени с рабочими колесами встречного вращения, предполагается продолжение исследований вариантов с различными оборотами роторов встречного вращения и различной степенью реактивности рабочих решеток.

Список литературы

1. Артемов Г.А., Волошин В.П., Захаров Ю.В., Шквар А.Я. Судовые энергетические установки. – Л.: Судостроение. 1987, 480 с.
2. Дядик А.Н., Сури С.Н. Энергетика атомных судов. Судостроение. 2014, 477 с.
3. Дейнего Ю.Г. Эксплуатация судовых энергетических установок, механизмов и систем. – М.: Моркнига. 2012, 344 с.
4. Конюков В.Л., Ениватов В.В., Шаратов А.С. Судовые турбомашин: учебное пособие. Керчь, КГМТУ. 2021, 202 с. (<http://lib.kgmtu.ru/?cat=361>)
5. Курзон А.Г. Теория судовых паровых и газовых турбин. Л.: Судостроение, 1970. 592 с.
6. Михайлов В.В. Осевая проточная турбина. Патент RU230577202. Опубликовано 2007-01-01.
7. Исачкин А.Ф. Осевая и осерадиальная турбомашин с колесами встречного вращения. Патент RU 2002132845А. Опубликовано 2004-08-20.
8. Леонов А.М., Палкин М.В., Иванина С.В., Крючков А.В., Исаев С.К. Радиальная биротативная активно-реактивная турбина (варианты). Патент RU 2742711С2. Опубликовано 2021-02-09.
9. Кириллов И.И. Теория турбомашин. Л.: Машиностроение, 1972. 533 с.
10. Зайцев В.И., Грицай Л.Л., Моисеев А.А. Судовые паровые и газовые турбины. М.: Транспорт, 1981. 312 с.
11. Соколов Ю.Н. Об осевых машинах со встречным вращением рабочих колес. Изв. Томского ордена трудового красного знамени политехнического института им. С.М. Кирова. 1955. Том 80. С. 67-80.
12. Соколов Ю.Н. Расчет осевых турбомашин со встречным вращением рабочих колес. Изв. Томского ордена трудового красного знамени политехнического института им. С.М. Кирова. 1960. Том 109. С. 63-79.
13. Соколов Ю.Н. О коэффициенте полезного действия пары встречно-вращающихся осевых колес. Изв. Томского ордена трудового красного знамени политехнического института им. С.М. Кирова. 1962. Том 110. С. 54-61.
14. Подболотов С.В., Кольга А.Д. Математическое и экспериментальное моделирование режимов работы центробежной турбомашин с коаксиальным расположением рабочих колес. Изв. УГГУ, 2018, вып. 1(49) с.80-84. DOI: 1021440/2307-2091-2018-80-84.
15. Аэродинамика турбин и компрессоров. Под ред. У.Р. Хауторна. Перевод с англ. М.: Машиностроение, 1968. 742 с.
16. Локай В.И., Максимова М.К., Струнkin В.Л. Газовые турбины двигателей летательных аппаратов: теория, конструкция и расчет. М.: Машиностроение, 1979. 511 с.
17. Конюков В.Л., Горбенко А.Н.. Характеристики рабочего колеса турбомашин с радиальными лопатками симметричного профиля в режиме компрессора. Научные проблемы водного транспорта /Russian Journal of Water Transport. Сер: судовое энергетическое оборудование. 2025. № 83, .-С. 86-94. DOI: 10.37890/jwt.vi83.593

References

1. Artemov G.A., Voloshin V.P., Zaxarov Yu.V., Shkvar A.Ya. Sudovy'e e`nergeticheskie ustanovki [Marine power plants]. – L.: Sudostroenie. 1987, 480 p.
2. Dyadik A.N., Surin S.N. E`nergetika atomny`x sudov [Nuclear power engineering]. Sudostroenie. 2014, 477 p.
3. Dejnego Yu.G. E`kspluatsiya sudovy`x e`nergeticheskix ustanovok, mexanizmov i system [Operation of ship power plants, mechanisms, and systems.]. – М.: Morkniga. 2012, 344 p.

4. Konyukov V.L., Enivatov V.V., Sharatov A.S. Sudovy'e turbomashiny': uchebnoe posobie [Marine turbomachines: a training manual]. Kerch', KGMTU. 2021, 202 p. (<http://lib.kgmtu.ru/?cat=361>)
5. Kurzon A.G. Teoriya sudovykh parovykh i gazovykh turbin [Theory of marine steam and gas turbines]. - L.: Sudostroenie Publ., 1970. 592 p.
6. Mixajlov V.V. Oseвая protochnaya turbine [Axial flow turbine]. Patent RU230577202. Opublikovano 2007-01-01.
7. Isachkin A.F. Oseвая i oseradial'naya turbomashina s kolesami vstrechnogo vrashheniya [Axial and axial-radial turbomachine with counter-rotating wheels.]. Patent RU 2002132845A. Opublikovano 2004-08-20.
8. Leonov A.M., Palkin M.V., Ivanina S.V., Kryuchkov A.V., Isaev S.K. Radial'naya birotativnaya aktivno-reaktivnaya turbina (varianty') [Radial birotational active-reactive turbine (variants)]. Patent RU 2742711S2. Opublikovano 2021-02-09.
9. Kirillov I.I. Teoriya turbomashin.[Theory of turbomachines]. - L.: Mashinostroenie Publ., 1972. 533 p.
10. Zajcev V.I., Gricaj L.L., Moiseev A.A. Sudovye parovye i gazovye turbiny [Marine steam and gas turbines]. M.: Transport Publ., 1981. 312 p.
11. Sokolov Yu.N. Ob osevy'x mashinax so vstrechny'm vrashheniem rabochix koles. [About axial machines with counter-rotating impellers] Izv. Tomskogo ordena trudovogo krasnogo znameni politexnicheskogo instituta im. S.M. Kirova. 1955. Tom 80. pp. 67-80.
12. Sokolov Yu.N. Raschet osevy'x turbomashin so vstrechny'm vrashheniem rabochix koles [Calculation of axial turbomachines with counter-rotating impellers]. Izv. Tomskogo ordena trudovogo krasnogo znameni politexnicheskogo instituta im. S.M. Kirova. 1960. Tom 109. P. 63-79.
13. Sokolov Yu.N. O koefficiente poleznogo dejstviya pary' vstrechno-vrashhayushhixyse osevy'x koles [About the efficiency of a pair of counter-rotating axial wheels]. Izv. Tomskogo ordena trudovogo krasnogo znameni politexnicheskogo instituta im. S.M. Kirova. 1962. Tom 110. P. 54-61.
14. Podbolotov S.V., Kol'ga A.D. Matematicheskoe i eksperimental'noe modelirovanie rezhimov raboty' centrobezhnoj turbomashiny' s koaksial'ny'm raspolozheniem rabochix koles [Математическое и экспериментальное моделирование режимов работы центробежной турбомашины с коаксиальным расположением рабочих колес]. Izv. UGGU, 2018, vy'p. 1(49) s.80-84. DOI: 1021440/2307-2091-2018-80-84.
15. Aerodinamika turbin i kompressorov [Aerodynamics of Turbines and Compressors]. Pod red. W.R. Hawthorne. Perevod s angl. - M.: Mashinostroenie Publ., 1968. 742 p.
16. Lokaj V.I., Maksutova M.K., Strunkin V.L. Gazovy'e turbiny' dvigatelej letatel'ny'x apparatov: teoriya, konstrukciya i raschet. [Gas turbines for aircraft engines: theory, design, and calculation] M.: Mashinostroenie, 1979. 511 p.
17. Konyukov V.L, Gorbenco A.N.. Charakteristiki rabocheho koleasa turbomashiny' s radial'ny'mi lopatkami simmetrichnogo profilya v rezhime kompressora. [Characteristics of a turbo machine impeller with radial blades of a symmetrical profile in compressor mode] Nauchny'e problemy' vodnogo transporta /Russian Journal of Water Transport. Ser: sudovoe energeticheskoe oborudovanie. 2025. № 83, -pp. 86-94. DOI: 10.37890/jwt.vi83.593

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кониюков Вячеслав Леонтьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры судовых энергетических установок, Керченский государственный морской технологический университет, 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82, e-mail: seykgmtu@mail.ru

Viacheslav L. Konyukov, Ph. D. (Eng.), associate professor, associate professor of the Department of ship power plants, Kerch State Maritime Technological University, Ordzhonikidze str., 82, Republic of Crimea, Kerch, 298309, Russian Federation, e-mail: seykgmtu@mail.ru

Статья поступила в редакцию 05.11.2025; принята к публикации 24.11.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 05.11.2025; published online 20.12.2025.

УДК 62-971.2

DOI: 10.37890/jwt.vi85.654

Математическое моделирование подачи газовой смеси в дизельный двигатель при использовании газового устройства

Н.А. Лаптев

ORCID ID: 0009-0004-8069-9516

Ю.И. Матвеев

М.Ю. Храмов

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Судовой дизельный двигатель представляет собой сложную энергетическую установку, для эксплуатации которой необходимы различные системы (воздушная, охлаждения, смазывания, топливная, газораспределения и др.). Для нормальной эксплуатации, судовые дизельные двигатели должны обладать высоким показателем надёжности и эффективностью использования мощности. Однако в последние годы перед учёными, проектировщиками и инженерами ставится новая задача, которая заключается в контроле и снижении вредных выбросов продуктов сгорания. Данные задачи поставлены в первую очередь из-за принятия более строгих экологических норм международными ассоциациями. Главной особенностью решения данной задачи является сохранность околономинальных уровней: эффективности, удельной мощности, надёжности и стоимости жизненного цикла судового дизеля. Для перевода дизельного двигателя на смешанные топлива необходимо выполнить ряд модернизационных мероприятий, которые подтверждены теоретическими расчётами и научными исследованиями. В данной статье приводится математическое описание движения газовой смеси, через устройство для раздельной подачи газов, в судовые малоразмерные дизельные двигатели без наддува при работе на комбинированном топливе (дизельное – газовое топлива). Отдельно представлена математическая формализация задачи движения газов в цилиндр двигателя через газовое устройство.

Материал разработан в рамках работы по государственному заданию по созданию информационно-технологической платформы «Флот-Сервис-Судоремонт».

Ключевые слова: двигатель, газ, воздух, цилиндр, выбросы, эффективность, газовое устройство.

Nikolai A. Laptev

ORCID ID: 0009-0004-8069-9516

Yuri I. Matveev

Mikhail Y. Khramov

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Mathematical modeling of gas-air mixture supply in a diesel engine using a gas device

Abstract. A marine diesel engine is a complex power plant that requires various systems for its operation (air, cooling, lubrication, fuel, etc.). For reliable operation marine diesel engines must possess high reliability and power utilization efficiency. However, in recent years scientists, designers, and engineers have faced a new challenge: reducing harmful combustion emissions. This challenge is driven by the adoption of increasingly stringent environmental regulations. The key aspect of addressing this task is maintaining near-nominal levels of efficiency, specific power, reliability, and lifecycle cost.

The final transition of a diesel engine to combined fuels requires a number of modernization measures which are supported by theoretical calculations and scientific research. This paper presents a mathematical description of the gas-air mixture flow through a device for separate gas supply into small-sized, naturally aspirated marine diesel engines operating on combined fuel (diesel and gas). A mathematical formulation for the problem of gas flow into the engine cylinder through the gas supply device is also provided.

Keywords: engine, gas, air, cylinder, emissions, efficiency, gas device

Введение

Правительством РФ определена энергетическая стратегия сроком на 15 лет от 09.06.2020, где соответствующие акценты расставлены над: стимулированием использования природного газа в качестве газомоторного топлива; увеличением доли природного газа в структуре энергопотребления на транспорте; развития сети газозаправочной инфраструктуры [1].

Особую актуальность приобретает не только поддержание производительности судовых двигателей, но и обеспечение их вклада в снижение воздействия на окружающую среду. Для решения этих задач проводятся многочисленные исследования, направленные на улучшение характеристик судовых двигателей с целью снижения расхода топлива и выбросов загрязняющих веществ [2]. Исследователи прилагают значительные усилия для улучшения характеристик судовых энергетических установок, применяя как эмпирические, так и теоретические методы.

В процессе разработки идеальных циклов конструктор должен определить, какую модель целесообразно применять для рабочей жидкости внутри цилиндра [3]. Определив термодинамические свойства жидкости, цикл можно упростить, используя различные допущения. Однако несмотря на то, что эмпирические методы дают реальные результаты, проектирование, производство и испытание новых двигателей и систем обходятся дороже, чем теоретические модели, и требуют больших затрат времени. В тоже время, математическая модель цикла двигателя может быть рассчитана с высокой степенью точности с помощью компьютерной программы, основанной на реальных данных [4].

На сегодняшний день было разработано множество моделей процесса работы судового двигателя, включающих термодинамику, турбулентность и химическую кинетику, для прогнозирования его термодинамических параметров [5,6]. С помощью математической модели исследуется изменение показателей работы двигателя при варьировании его параметров в требуемых пределах, что позволяет определить ключевые эксплуатационные характеристики. В тоже время, нерешённой остаётся проблема оптимизации работы судового двигателя, в частности неэффективного сгорания топлива, когда предусматривается работа на двух видах топлива (дизель + газ). Проблема существующих моделей заключается в том, что часто газ и воздух смешиваются слишком рано (на входе в коллектор), это в свою очередь создает слишком большой объем уже готовой смеси, и она плохо подвержена воспламенению и конечному сгоранию.

Цель данной работы заключается в обосновании решения по переоборудованию судового дизельного двигателя для работы на газодизельном топливе и разработке математической модели движения газов (воздуха и топливного) в цилиндр двигателя через газовое устройство.

Экспериментальные исследования по использованию традиционных и смесевых видов топлив проводились на модернизированной судовой дизель-генераторной установке, которая показана на рис. 1.



Рис. 1. Модернизированная дизель-генераторная установка для работы на традиционных и смесевых видах топлив

Для улучшения процесса сгорания газовой смеси непосредственно в цилиндре дизельного двигателя разработано устройство для раздельной подачи газов в дизельный двигатель, состоящее из корпуса, выполненного Т-образным образом в продольном сечении (см. рис. 2) [7]. Данный модуль устанавливается взамен впускного коллектора на каждую головку блока цилиндров (судовой дизельный двигатель 4Ч 8,5/11, (см. рис. 1)) и служит векторозадающим устройством для потока газового топлива и воздушного заряда (см. рис. 2).

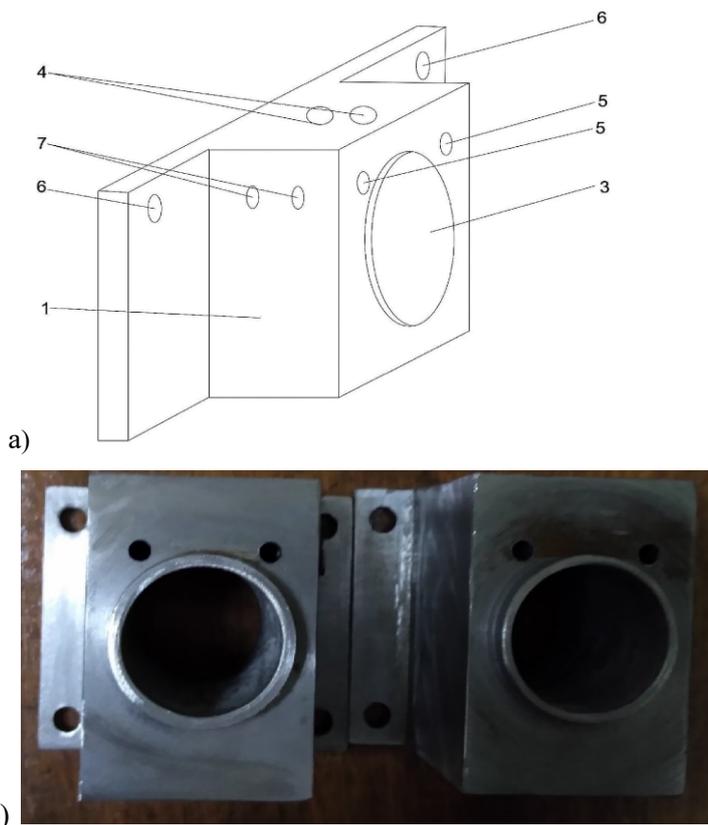


Рис. 2. а) Модуль для раздельной подачи газового топлива в дизельный двигатель
б) Общий вид устройства для раздельной подачи газов

На рис. 2 а) - корпус оснащен двумя функциональными блоками, которые представлены основным кубическим блоком и задним основанием. Внутри корпуса 1 выполнено сквозное продольное центральное отверстие с впускным окном 3 и выпускным окном 2 для воздушной смеси. В верхней части корпуса 1 над сквозным центральным отверстием 3 выполнены два продольных параллельных сквозных канала 5 для дополнительного газового топлива. Сверху кубического блока перпендикулярно сквозному центральному отверстию 3 выполнены два параллельных глухих впускных окна 4 для дополнительного газового топлива, сообщенные со сквозными каналами 5 для дополнительного газового топлива, 6 - отверстия для креплений, 7 – технические отверстия.

Технический результат предложенной конструкции газового устройства заключается в возможности улучшения процесса сгорания газозвушной смеси в цилиндре дизельного двигателя, а также в уменьшении объема смешивания газового топлива и воздушной смеси на входе в надклапанное пространство головки блока цилиндров (ГБЦ) дизельного двигателя.

Рассмотрим более детально математическую формализацию предложенного решения, в рамках которого воздух и газ подаются раздельно до впускного клапана, расположенного в ГБЦ дизеля.

Гидродинамика потоков

Согласно предложенной в патенте схеме [7], основная функция разработанного устройства заключается в раздельной подаче двух сред. Тогда расходы могут быть описаны с помощью уравнения неразрывности.

Массовый расход воздуха

Массовый расход воздуха (\dot{m}_{air}) через площадь центрального отверстия ($A_{air}, \text{м}^2$) (впускное окно 3, рис. 2-а) рассчитывается следующим образом:

$$\dot{m}_{air} = \rho_{air} \cdot A_{air} \cdot v_{air} , \quad (1)$$

Площадь сечения A_{air} является конструктивным параметром устройства, где ρ_{air} – плотность воздуха, а v_{air} скорость его движения.

Массовый расход газа

Суммарный массовый расход газа (\dot{m}_{gas}) через два параллельных канала с суммарной площадью поперечного сечения ($A_{gas}, \text{м}^2$) (5, рис. 2-а)) равен:

$$\dot{m}_{gas} = \rho_{gas} \cdot A_{gas} \cdot v_{gas} , \quad (2)$$

Площадь сечения A_{gas} является конструктивным параметром устройства, где ρ_{gas} – плотность воздуха, а v_{gas} скорость его движения.

Этот расход регулируется внешними системами подачи, и именно его контроль позволяет управлять составом смеси, влияя на конечный показатель коэффициента избытка воздуха [8].

Перепад давления

Двигатель на такте впуска создает разрежение во впускном коллекторе. Именно этот перепад давления ($\Delta P = P_{atm} - P_{vlv}$) является движущей силой для потока воздушного заряда. P_{vlv} – является конечным давлением перед впускным клапаном, а P_{atm} - давление атмосферного воздуха.

Формула расхода с учетом гидравлического сопротивления

Расход через канал зависит не только от площади A , но и от его гидравлического сопротивления (формы, шероховатости). Автор предлагает выразить эту зависимость через уравнение Бернулли для реальной жидкости:

$$m = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2\rho \cdot \Delta P}, \quad (3)$$

где, μ – коэффициент расхода (безразмерный), который учитывает сжатие струи и потери на трение. Для коротких каналов, как в предложенном устройстве, его можно принять в диапазоне 0,6 – 0,8.

Представленная выше формула более точно связывает конструктивный параметр (A – площадь поперечного сечения канала) с рабочими параметрами двигателя (ΔP). Таким образом, из 3 для воздуха и газа получаем следующие выражения:

– расход воздуха:

$$\dot{m}_{air} = \mu_{air} \cdot A_{air} \cdot \sqrt{2\rho_{air} \cdot \Delta P}, \quad (4)$$

– расход газа:

$$\dot{m}_{gas} = \mu_{gas} \cdot A_{gas} \cdot \sqrt{2\rho_{gas} \cdot (P_{gas\,supply} - P_{vlv})}, \quad (5)$$

где $P_{gas\,supply}$ — давление в магистрали подачи газа, которое можно регулировать для управления расходом \dot{m}_{gas} .

Термодинамика и состав смеси

Как известно, ключевым параметром для процесса сгорания является соотношение воздуха и топлива [9]. Рассмотрим несколько релевантных показателей.

Коэффициент избытка воздуха

С использованием коэффициента избытка воздуха (безразмерная величина λ) можно определить насколько реальная смесь «богаче» или «беднее» стехиометрической (идеальной):

$$\lambda = \frac{\dot{m}_{air.fl}}{\dot{m}_{mix} \cdot L_{fuel}}, \quad (6)$$

Параметр L_{fuel} – стехиометрическое число, которое является безразмерным и постоянным для конкретного вида топлива и варьируется в зависимости от процентного содержания конкретного вида топлива в смеси (L_0 - для пропан-бутана, $L_0 \approx 15.7$ кг/кг; L_{do} - для дизельного топлива, $L_{do} \approx 14.7$ кг/кг), тогда процентное содержание можно выразить через массовые расходы обеих сред m_{mix} :

$$m_{mix} = m_{do} + m_{gas} = 1, \quad (7)$$

где m_{do} - массовый расход дизельного топлива (кг/час), а m_{gas} – массовый расход пропан-бутанового топлива (кг/час).

Тогда:

$$L_{fuel} = L_0 \cdot (m_{mix} - m_{do}) + L_{do} \cdot (m_{mix} - m_{gas}), \quad (8)$$

Так как газодизельное топливо состоит из ДТ и пропан-бутановой смеси, то числитель $\dot{m}_{air.fl}$ будет зависеть от процентного соотношения массового расхода ДТ \dot{m}_{airdo} и пропан-бутановой (\dot{m}_{airgas}) смеси в составе газодизельного топлива. Тогда $\dot{m}_{air.fl}$ будет иметь вид:

$$\dot{m}_{air.fl} = \dot{m}_{airgas} \cdot (m_{mix} - m_{do}) + \dot{m}_{airdo} \cdot (m_{mix} - m_{gas}), \quad (9)$$

Конечный вид формулы после преобразования:

$$\dot{m}_{air.fl} = \dot{m}_{airgas} \cdot m_{gas} + \dot{m}_{airdo} \cdot m_{do}, \quad (10)$$

Подставив 7, 8 и 10 в уравнение 6 получится:

$$\lambda = \frac{\dot{m}_{airgas} * \dot{m}_{gas} + \dot{m}_{airdo} * \dot{m}_{do}}{(L_0 + L_{do}) * (\dot{m}_{gas} + \dot{m}_{do})}, \quad (11)$$

В дизельных двигателях, работающих на газовом топливе, обычно поддерживается обедненная смесь ($\lambda > 1$). Устройство позволяет дозировать \dot{m}_{gas} для поддержания оптимального коэффициента избытка воздуха.

Влияние коэффициента избытка воздуха на крутящий момент и мощность

Индикаторный КПД двигателя (η_i) и, следовательно, его крутящий момент, нелинейно зависят от коэффициента избытка воздуха (λ) [10].

1. Максимальная мощность обычно достигается при незначительно обогащенной смеси ($\lambda \approx 0,85 - 0,95$).
2. Максимальная экономичность (минимальный удельный расход топлива) достигается при обедненной смеси ($\lambda \approx 1,1 - 1,2$).
3. В газодизельном режиме, чтобы избежать детонации и обеспечить стабильное горение, работа происходит на обедненных смесях ($\lambda > 1,15-1,3$) [11].

Описанную выше зависимость можно выразить следующим образом:

$$P_e = f(\lambda, n), \quad (12)$$

где P_e – эффективная мощность, n - частота вращения коленвала.

В процессе проектирования инженерная задача заключается в нахождении такой зависимости $\dot{m}_{gas} = f(n)$, которая позволит поддерживать оптимальное значение коэффициента избытка воздуха (λ) на всех режимах работы.

Также стоит отметить, что в зависимости от режима нагрузки двигателя коэффициент избытка воздуха (λ) - меняется, уменьшаясь при увеличении нагрузки [10]. Используя газоанализатор марки ДАГ-510, был выявлен состав отработавших газов судового малоразмерного дизельного двигателя типа 4Ч 8,5/11 на различных режимах работы при использовании двух типов топлив. В таблицах 1 и 2 в зависимости от нагрузки и типов применяемых топлив указаны: значения коэффициента избытка воздуха (λ); температуры отработавших газов на выходе из коллектора (T_{eg}); содержание кислорода не участвовавшего в процессе сгорания топлива (O_{2F}), а также содержание углекислого газа (CO_2). Таблицы заполнялись на основе проведенных экспериментальных исследований в лаборатории ФГБОУ ВО «ВГУВТ».

Таблица 1

Температура, состав основных отработавших газов и коэффициент избытка воздуха на различных режимах работы при использовании дизельного топлива.

Режим работы, %	$T_{eg}, ^\circ C$	$O_{2F}, \%$	$CO_2, \%$	λ
100	337	6,28	10,08	1,35
75	293	9,52	7,77	1,7
50	248	11,62	6,32	2,06

Таблица 2

Температура, состав основных отработавших газов и коэффициент избытка воздуха на различных режимах работы при использовании комбинированной системы – дизельное – газовое топлива.

Режим работы, %	$T_{eg}, ^\circ C$	$O_{2F}, \%$	$CO_2, \%$	λ
100	321	7,68	9,16	1,48
75	309	7,74	9,08	1,49
50	270	8,58	8,14	1,56

Математическое обоснование целесообразности применения газового устройства

Ключевой результат, который достигается при использовании газового устройства, заключается в уменьшении объема предварительного смешивания [12]. Он может быть формализован следующим образом.

Объем смешивания (V_{mix})

Для прототипа (например, газовый смеситель): смешивание происходит в самом смесителе (V_{mixer}) и затем в надклапанном пространстве ГБЦ двигателя (V_{vlv}).

$$V_{mix,prototype} = V_{mixer} + V_{vlv}, \quad (13)$$

Для газового устройства: конструкция обеспечивает отдельную подачу. Смешивание начинается только после устройства, т.е. непосредственно в надклапанном пространстве ГБЦ, а затем в цилиндре двигателя.

$$V_{mix,invention} = V_{vlv}, \quad (14)$$

Формула уменьшения объема смешивания

С учетом вышеизложенного, абсолютное уменьшение объема смешивания (ΔV_{mix}) равно объему самого смесителя, который был исключен из системы:

$$\Delta V_{mix} = V_{mix,prototype} - V_{mix,invention} = (V_{mixer} + V_{vlv}) - V_{vlv} = V_{mixer}, \quad (15)$$

Влияние коэффициента избытка топлива на эффективность сгорания топлива

Улучшение процесса сгорания (η_c) является следствием уменьшения объема смешивания V_{mix} . Доказательство и формализация точной формулы этой зависимости является нетривиальной задачей, поскольку она достаточно сложна и зависит от множества факторов [13, 14]. В рамках проводимого исследования предлагаем выразить это в виде концептуальной зависимости:

$$\eta_c = f(\lambda, V_{mix}, T_{com}, H_{com}), \quad (16)$$

где T_{com} и H_{com} – температура и давление в камере сгорания.

В описании к газовому устройству указано, что уменьшение V_{mix} приводит к созданию более стратифицированного заряда в цилиндре. В некоторых режимах работы дизельного двигателя это предотвращает детонацию, обеспечивает более плавное и полное сгорание, что ведет к улучшению процесса сгорания [15]. Следовательно, можно утверждать следующее:

$$\frac{\partial \eta_c}{\partial V_{mix}} < 0, \quad (17)$$

Это означает, что процесс сгорания η_c улучшается при уменьшении объема предварительного смешивания V_{mix} .

Выводы

1) Таким образом, представленная математическая модель комплексно описывает работу устройства для отдельной подачи газов. Она позволяет связать его конструктивные параметры с рабочими характеристиками двигателя, математически обосновывает заявленное преимущество в виде уменьшения объема предварительного смешивания и дает инженерный инструмент для проектирования и расчета. Модель подтверждает, что предложенная конструкция является технически обоснованным решением для повышения эффективности газодизельных двигателей. Используя предложенные формулы, представляется возможным рассчитать необходимые диаметры каналов и режимы подачи газа для достижения требуемых характеристик работы двигателя.

2) В статье изложен вариант решения проблемы низкой эффективности сгорания в судовом дизельном двигателе с помощью специального устройства для подачи газов Т-образной формы. Отличительная особенность данного устройства заключается в его конструкции, которая физически разделяет потоки: воздух идет по одному большому центральному каналу, газ идет по двум отдельным, параллельным каналам меньшего размера, расположенным над воздушным. Такое разделение предотвращает преждевременное смешивание газов на входе ГБЦ дизеля. Это, в свою очередь, напрямую улучшает процесс сгорания смеси уже в цилиндре, что и является основной целью использования устройства для раздельной подачи газов в цилиндр.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года». – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/#0>
2. Кавтарадзе Р.З., Касько А.А., Зеленцов А.А. Расчетно-экспериментальное исследование рабочего процесса перспективного роторно-поршневого двигателя // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2022. – № 4 (745). – С. 61–71. – DOI: 10.18698/0536-1044-2022-4-23-33.
3. Моренко И.В. Математическое моделирование структур газожидкостного течения в кольцевом канале с внутренним вращающимся цилиндром // Теоретические основы химической технологии. – 2022. – Т. 56. – № 1. – С. 105–113. – DOI: 10.31857/S0040357122010101.
4. Guo J., Guo L. Study on the Simplification Calculation Model of Marine Diesel Engine Exhaust Flow Based on Air-Fuel Ratio // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – Vol. 2022. – Article ID 9479987. – P. 1–11. – DOI: 10.1155/2022/2890035.
5. He H., Yu N., Di S., Cai G., Zhou C., Zheng L. Static Equilibrium Characteristics of Full-Flow Staged Combustion Cycle Engine Under Different Propellants // International Journal of Aerospace Engineering. – 2024. – Vol. 2024. – Article ID 5531867. – P. 1–15. – DOI: 10.1155/2024/7114250.
6. Максимов Ф.А., Нигматуллин В.О. Метод гибридных сеток в задачах внешней и внутренней газовой динамики // Компьютерные исследования и моделирование, 2023, т. 15, № 3, с. 543-565. – DOI: 10.20537/2076-7633-2023-15-3-543-565.
7. Патент № 2843053 С1 Российская Федерация, МПК F02M 21/02, F02M 35/10, F02M 35/16. устройство для раздельной подачи газов в дизельный двигатель : заявл. 06.12.2024 : опубл. 07.07.2025 / Ю. И. Матвеев, А. К. Лаптев, Н. А. Лаптев. – EDN NYGOZL.
8. Сеначин П.К. Самовоспламенение локального объёма в газодизеле // Двигатель – 97: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – С. 127–130. – [В сборнике: 312 с.].
9. Исаев, А. П. Разработка и исследование принципа комбинированного смесеобразования в двигателях внутреннего сгорания / А. П. Исаев // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2011. – № 2. – С. 74-83. – EDN OCOOMD..
10. Галышев Ю.В., Магидович Л.Е., Новичков М.Ю. Теоретические принципы моделирования рабочих процессов двигателей при работе на альтернативных топливах // Сборник докладов Междунар. науч.-техн. конф. «Транспорт, экология – устойчивое развитие». – Варна: Технический университет, 2004. – С. 213–218. – [В сборнике: 428 с.].
11. Володин В.В. Теоретическое обоснование применения эффекта эжекции в системах подачи газообразного топлива в двигатель и моделирование параметров его работы // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 11. – С. 90–94.
12. Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив / Н.Н. Патрахальцев. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 267 с. – ISBN 978-5-209-03252-1.

13. Карнаухова И. В., Карнаухов В. Н., Захаров Д. А., Карнаухов О. В., Рындина О. В. Влияние коэффициента избытка воздуха на расход топлива дизельными двигателями внутреннего сгорания // Вестник Брянского государственного технического университета. 2016. №. 5. С. 38-42
14. Кавтарадзе, Р. З. Теплофизические процессы в дизелях, конвертированных на природный газ и водород / Р. З. Кавтарадзе. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2011. – 240 с. – ISBN 978-5-7038-3482-4. – EDN ZCKZYN.
15. Природный газ как альтернатива жидким углеводородам на судах с дизельной установкой / Ю. И. Матвеев, Н. А. Лаптев, В. В. Кольванов, М. Ю. Храмов // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 75. – С. 127-135. – DOI 10.37890/jwt.vi75.359. – EDN LERNPN.

References

1. Decree of the Government of the Russian Federation dated June 9, 2020 No. 1523-r «On the Approval of the Energy Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2035». – [Online]. – Available: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/#0>
2. Kavtaradze R.Z., Kasko A.A., Zelentsov A.A. Computational and Experimental Study of the Working Process of a Promising Rotary Piston Engine. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Mashinostroenie* [BMSTU Journal of Mechanical Engineering], 2022, no. 4 (745), pp. 61–71. DOI: 10.18698/0536-1044-2022-4-23-33.
3. Morenko I.V. Mathematical Modeling of Gas-Liquid Flow Structures in an Annular Channel with an Inner Rotating Cylinder. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2022, vol. 56, no. 1, pp. 105–113. DOI: 10.31857/S0040357122010101.
4. Guo J., Guo L. Study on the Simplification Calculation Model of Marine Diesel Engine Exhaust Flow Based on Air-Fuel Ratio. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, vol. 2022, Article ID 9479987, pp. 1–11. DOI: 10.1155/2022/2890035.
5. He H., Yu N., Di S., Cai G., Zhou C., Zheng L. Static Equilibrium Characteristics of Full-Flow Staged Combustion Cycle Engine Under Different Propellants. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2024, vol. 2024, Article ID 5531867, pp. 1–15. DOI: 10.1155/2024/7114250.
6. Maksimov F.A., Nigmatullin V.O. A Hybrid Grid Method for External and Internal Gas Dynamics Problems. *Computer Research and Modeling*, 2023, vol. 15, no. 3, pp. 543-565. DOI: 10.20537/2076-7633-2023-15-3-543-565.
7. Patent RU 2843053 C1. Russian Federation, IPC F02M 21/02, F02M 35/10, F02M 35/16. Device for Separate Gas Supply to a Diesel Engine: filed 06.12.2024; published 07.07.2025 / Matveev Yu. I., Laptev A. K., Laptev N. A. – EDN NYGOZL.
8. Senachin P.K. Auto-Ignition of a Local Volume in a Gas-Diesel Engine. *Engine – 97: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Moscow, BMSTU Publ.*, 1997, pp. 127–130. [In the collection: 312 p.].
9. Isaev A.P. Development and Research of the Combined Mixture Formation Principle in Internal Combustion Engines. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology*, 2011, no. 2, pp. 74-83. EDN OCOOMD.
10. Galyshev Yu.V., Magidovich L.E., Novichkov M.Yu. Theoretical Principles of Modeling Working Processes in Engines Operating on Alternative Fuels. *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Transport, Ecology – Sustainable Development»*. Varna, Technical University, 2004, pp. 213–218. [In the collection: 428 p.].
11. Volodin V.V. Theoretical Justification for the Use of the Ejector Effect in Systems for Supplying Gaseous Fuel to an Engine and Modeling of Its Performance Parameters. *Vestnik of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*, 2012, no. 11, pp. 90–94.
12. Patrakhaltsev N.N. Improving the Economic and Environmental Qualities of Internal Combustion Engines Based on the Use of Alternative Fuels. *Moscow, RUDN University Publ.*, 2008, 267 p. ISBN 978-5-209-03252-1.
13. Karnaukhova I.V., Karnaukhov V.N., Zakharov D.A., Karnaukhov O.V., Ryndina O.V. INFLUENCE OF THE AIR EXCESS RATIO ON THE FUEL CONSUMPTION OF DIESEL INTERNAL COMBUSTION ENGINES. *Vestnik of Bryansk State Technical University*, 2016, no. 5, pp. 38-42. DOI: https://doi.org/10.12737/article_58f9c4d93ed083.05626092.

14. Kavtaradze R.Z. Thermophysical Processes in Diesel Engines Converted to Natural Gas and Hydrogen. Moscow, Bauman Moscow State Technical University Publ., 2011, 240 p. ISBN 978-5-7038-3482-4. EDN ZCKZYN.
15. Matveev Yu.I., Laptev N.A., Kolyvanov V.V., Khramov M.Yu. Natural Gas as an Alternative to Liquid Hydrocarbons on Ships with Diesel Plants. Scientific Problems of Water Transport, 2023, no. 75, pp. 127-135. DOI: 10.37890/jwt.vi75.359. EDN LERNPN.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лаптев Николай Александрович, аспирант кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Волжский государственный университет водного транспорта»; 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: laptevlina@gmail.com

Nikolai A. Laptev, assistant of the Operation of the Ship's power plants Department, Volga State University of Water Transport; 603950, 5 Nesterova st, Nizhny Novgorod, Russia

Матвеев Юрий Иванович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок, Волжский государственный университет водного транспорта; 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: matveevescu@mail.ru

Yuri I. Matveev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of the Operation of the Ship's power plants, Volga State University of Water Transport, 603950, 5 Nesterova st, Nizhny Novgorod, Russia

Храмов Михаил Юрьевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Волжский государственный университет водного транспорта; 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: m.u.hramov@yandex.ru

Mikhail Y. Khramov, Ph.D. of Technical Science, Associate Professor, Volga State University of Water Transport, 603950, 5 Nesterova st, Nizhny Novgorod, Russia, e-mail: m.u.hramov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 29.09.2025; принята к публикации 05.11.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 29.09.2025; published online 20.12.2025.

ЭКОНОМИКА, ЛОГИСТИКА И МЕНЕДЖМЕНТ НА ТРАНСПОРТЕ

ECONOMICS, LOGISTICS AND TRANSPORT MANAGEMENT

УДК 331.1

DOI: 10.37890/jwt.vi85.655

Инновации и трудовые отношения на водном транспорте: на примере зарубежного и отечественного опыта

Р.И. Каравашкина

ORCID: 0000-0002-7263-9001

Ю.Р. Гуро-Фролова

ORCID: 0000-0002-6048-8576

О.О. Бодров

ORCID: 0009-0004-5019-1594

*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород,
Россия*

Аннотация. Рыночные условия ставят перед любыми экономическими системами в качестве первоочередной задачи обеспечение конкурентоспособности. В связи с этим такая экономическая система как отрасль водного транспорта - не является исключением. Специфика транспорта в целом такова, что без обеспечения его эффективной работы невозможна эффективная деятельность всей национальной экономики. В экономической системе любого уровня развития важнейшую роль играют кадры, от результативной работы которых в свою очередь зависит эффективность производственно-хозяйственной деятельности в целом. В связи с этим условия, способные повысить результативность работы кадров, должны быть реализованы в деятельности экономических субъектов в самые кратчайшие сроки. Кроме того, вопросы регулирования трудовой деятельности представляют собой краеугольный вопрос в международном экономическом сообществе. К наиболее актуальным в настоящее время относят условия, способные обеспечить оптимальную реструктуризацию трудовых отношений в отрасли, а также условия, стимулирующие поиск технологических, организационных и регуляторных инновационных решений. По мере инновационного развития транспортной отрасли за рубежом и в России структура трудовых отношений и организация труда подвергается изменениям. В работе сделан акцент на взаимосвязь инновационных инициатив и решений с трудовыми отношениями и организацией труда на водном транспорте на примере международного опыта и сравнении его с отечественными реалиями и перспективами. В рамках анализа зарубежного опыта авторы делают акцент на эффективности поэтапного внедрения инновационных инициатив. Подчеркиваются преимущества систем, основанных на принципах сотрудничества в рамках трудовых отношений.

Ключевые слова: трудовые отношения, организация труда, инновации, инновационные решения, водный транспорт.

Innovations and labor relations in water transport: on the example of foreign and domestic experience

Renata I. Karavashkina

ORCID: 0000-0002-7263-9001

Yulya R. Guro-Frolova

ORCID: 0000-0002-6048-8576

Oleg O. Bodrov

ORCID: 0009-0004-5019-1594

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. For any economic system, market conditions make it a priority to ensure competitiveness. In this regard, water transport is no exception. Transport peculiarity in general is such that without ensuring its efficient operation, the effective operation of the entire national economy is impossible. In an economic system of any development level, the personnel play the most important role with the effective work determining the production effectiveness and the efficiency of economic activities in general. In this regard, any conditions increasing personnel work efficiency should be implemented in the activities of economic entities as soon as possible. In addition, the regulation of labor activity is the key issue in the international economic community. The most relevant conditions currently include those ensuring optimal restructuring of labor relations in the industry. In Russia and abroad, labor relations structure and organization face changes considering optimized tasks, necessary skills, professional competencies, the system of training and advanced training of employees, their relationship with employers and the number of vacancies. Modern scientific literature focuses more on innovation opportunities assessing. Innovation processes evaluation and relationship to employment and labor issues are not often focused on. The paper considers the relationship between innovation, labor relations and labor organization in water transport using the example of international experience and comparing it with domestic realities and prospects. As a part of the foreign experience analysis, the authors are focused on the effectiveness of the phased implementation of innovative initiatives. The advantages of systems based on the principles of cooperation concerning labor relations are emphasized.

Keywords: labor relations, labor organization, innovations, innovative solutions, water transport

Введение

Профессиональная деятельность и трудовые отношения в рамках регулярно внедряемых инноваций выступают в качестве фокуса внимания исследователей за рубежом и в России. Инновационные процессы оказывают непосредственное влияние, как на организацию труда, так и на трудовые отношения, порождая порой возникновение острых вопросов в рамках взаимодействия сторон касательно профессиональной деятельности и ее реализации на водном транспорте по всему миру.

В этой работе авторы представили анализ зарубежного современного опыта, а также отечественных тенденций касательно инновационных инициатив и их внедрения в иностранных и отечественных портах в целях тщательного последующего анализа полученной информации и дополнительного переноса значимого опыта в отечественную практику для повышения производительности труда и эффективной работы транспортной отрасли России.

Методы исследования

Зарубежными исследователями отмечается тот факт, что, начиная с 1960-х годов прошлого века инновационные решения привели к сокращению рабочих мест в морском секторе, а также к формированию и востребованности новых профессиональных навыков, актуализации статуса портовых работников. В ряде зарубежных исследований подробно анализируется взаимосвязь между инновациями и трудовыми отношениями [1, 2, 3, 4].

Отечественные авторы также затрагивают данные вопросы, отмечая недостаточную проработанность в области подходов касательно совершенствования организации труда и трудовых отношений в связи с активным внедрением инноваций в хозяйственную деятельность. Переход к инновационной экономической модели требует разработки инновационных подходов и в трудовой сфере [5]. Анализ

зарубежного опыта лег в основу данной работы, которая, авторы надеются, может быть интересна отечественным исследователям.

Инновация в понимании зарубежной науки [4] представляет собой деятельность, отличающуюся от ранее существующей, предполагающую внедрение нового или оптимизацию существующего продукта/услуги/процесса, организационной методики. Анализируя зарубежный опыт можно утверждать, что в последние десятилетия множество инноваций были реализованы применительно к морским портам, демонстрируя их значение для высоко динамичного и конкурентного сектора морских перевозок. Были представлены значимые научные исследования касательно инноваций в рамках оптимизации контейнерных терминалов [6, 7], контейнерной логистики [8], экологического менеджмента в морских портах [9], информационных компьютерных технологий [10], взаимоотношений между инновационными инициативами и трудовыми отношениями [11].

Инновационные инициативы последних десятилетий имели огромное влияние на организацию труда на водном транспорте, сократив количество работников. Инновационные решения, возросшая контейнеризация, интермодальный транспорт и интеграция контейнерных терминалов в общемировые цепочки поставок являются лишь некоторыми элементами непрекращающегося процесса трансформации.

Представляет научный интерес зарубежное исследование, проведенное с 2016 по 2019 гг., в котором представлен сравнительный анализ взаимосвязи между инновационными инициативами и трудовыми отношениями в портовой отрасли [12] на примере двух портов Антверпена (Бельгия) и Генуи (Италия). Эти два порта были выбраны по причине их репрезентативности по отношению к ключевым Европейским портам. У них есть схожие черты, к примеру, наличие резерва рабочей силы, единый оператор терминалов для работы с контейнерами, управление на основе модели аренды. Однако, существует и ряд отличающихся характеристик. Порты включены в различные социо-институциональные системы, имеют две разные системы портового регулирования и т.п. С нашей точки зрения, данное исследование может представлять интерес в рамках инициации инновационных процессов в отечественных портах. Применительно к деятельности морских портов зарубежные исследователи дифференцируют инновационные инициативы на несколько категорий [2, 13], представленных на рисунке 1. При этом инновация в зарубежных исследованиях является стратегией для конкуренции [14].

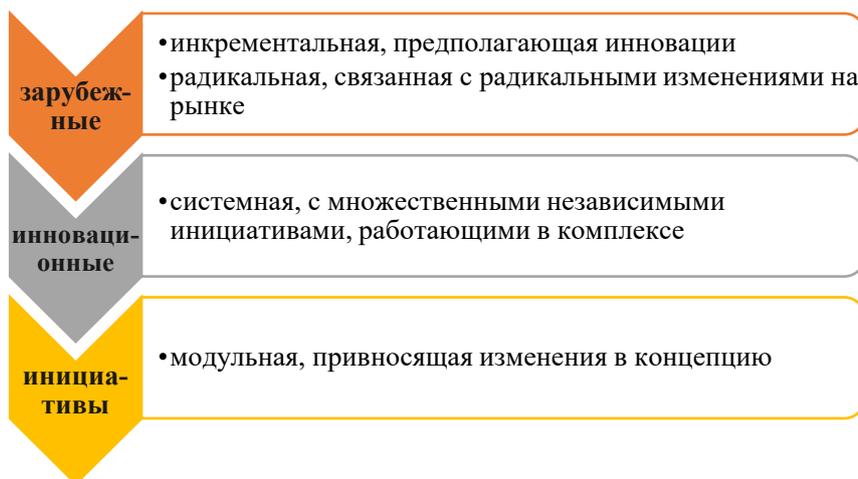


Рис. 1. Зарубежные инновационные инициативы

В отечественной практике инновации на водном транспорте охватывают широкий спектр технологий, направленных на повышение эффективности, безопасности и экологичности.

Возможности использования искусственного интеллекта широко используются для оптимизации маршрутов и управления флотами, осуществляется внедрение беспилотных технологий для различных видов судов, а также реализуется переход к более чистым и эффективным типам топлива и двигателей. Все более актуальными становятся новые интеллектуальные системы безопасности: системы предупреждения столкновений и прочих аварийных ситуаций.

Отечественный опыт также свидетельствует о позитивном результате внедрения «цифровых двойников» в портовой деятельности. Цифровые двойники не только осуществляют вклад в развитие «зеленой экономики» и демонстрируют стремление к бережному отношению к ресурсам, они позволяют упрощать и делать более эффективной систему управления портами, повышая грузооборот и улучшая экономические показатели. Портовая деятельность испытывает значительную информационную нагрузку. Система аналитики умного порта позволяет не только контролировать, сопоставлять и анализировать потоки грузов и пассажиров, но и оптимизировать маршруты, графики погрузочно-разгрузочных работ, помочь фрахтователю с выбором судна. Такая система позволяет значительно сократить риск потери груза, сократить сроки транспортировки грузов. В итоге, практика показывает значительную экономию на операционных расходах – до 75%. Модель «цифрового порта» позволяет улучшить организацию труда и систему социально-трудовых отношений. Важнейший прорыв в этой области – это обеспечение безопасности труда. Так, по данным Ространснадзора до 90% различных аварийных ситуаций на водном транспорте происходят в следствии человеческого фактора [15].

Согласно Стратегии развития внутреннего водного транспорта при реализации инновационного сценария развития экономики – рост грузоперевозок должен составить к 2030 году до 242 млн. тонн. Обеспечение поставленной цели означает не только модернизацию технологической базы и подходов к управлению, но и усиление внимания к качеству кадров и регулированию трудовых отношений, повышению уровня организации производства и труда.

Стратегия предусматривает также создание условий для повышения эффективности международного сотрудничества в научной, образовательной и инновационной сферах, анализ современных международных научных практик в целях адаптации их применения в отечественной практике. Это содействие может быть направлено на создание корпоративных систем управления персоналом, использование механизмов государственного и частного партнерства, включая механизмы регулирования социально-трудовых отношений и организации труда.

Представляет интерес взаимосвязь инноваций и организации труда в зарубежной портовой отрасли. Низко квалифицированный труд в рутинных операциях замещается компьютеризацией, в то время как выполнение абстрактных, креативных, решающих проблем и координационных задач производится работниками с соответствующим образованием [16]. Поляризация труда повсеместна в Европейских экономиках и обладает внутри и межотраслевыми компонентами, каждая из которых важны.

Результаты и обсуждения

Зарубежными исследователями особо подчеркивается значимая деятельность профсоюзных организаций работников портов, которые особенно внимательно относятся к темам, связанным с инновационными инициативами, влияющими на труд. Автоматизация приводит к более высокой производительности, меньших затратах в человеческом труде, замене рабочих, деятельность которых связана с тяжелой физической или монотонной работой, влияя на структуру рабочих мест и квалификацию персонала. Радикальные инновации провоцируют сдвиг от штатных

позиций к аутсорсингу, а также воздействуют на навыки и уменьшение количества рабочих мест. Подвержены изменению и риски, связанные со здоровьем, которые могут изменяться (улучшаться).

Анализ зарубежного опыта [7, 11, 12] приводит к выводу, что в международных портах применим “постепенный” тип инноваций, что означает, что они основаны не на новых инициативах или технологиях, а скорее на дальнейшем развитии уже существующей практики, при этом распространена культура социального диалога, где важную роль играют профсоюзы и организации схожие с ними в функциональном плане. Условия труда определены в коллективных договорах и портовые работники защищены от любых перемен, связанных с изменением характера их работы, при этом реализован в значительной степени посреднический процесс ведения переговоров с участием работодателей и профсоюзов, основанный на социальном диалоге в рамках решения вопросов производительности и заработной платы, условий труда, повышения квалификации и организации труда, включая внедрение инновационных решений. К примеру, работодатели европейского порта Антверпен ориентированы на особую ценность рабочей силы, инвестируют в ее обучение и повышение квалификации для повышения производительности и, в конечном счете, экономической прибыли. Зарубежные системы организации труда в порту характеризуются в той или иной степени наличием резерва рабочей силы, требующей постоянных инвестиций. В высоко продуктивных иностранных портах (порт Антверпен) низкие денежные затраты на единицу груза соотносятся с высокой заработной платой на единицу рабочей силы, что может быть связано, главным образом, но не исключительно, с координацией инновационных решений, оборудованием на рабочих местах, минимизацией количества работников на один загружаемый контейнер.

Несмотря на различия в темпах изменений в портах Европы, системы трудовых отношений в индустрии водного транспорта постепенно трансформируются. Профсоюзы постоянно отслеживают эти тенденции, как на национальном, так и на международном уровнях. Инновационные инициативы обсуждаются социальными партнерами, участвующими в процессе, что способствует получению взаимных преимуществ.

Развитие социально-трудовых отношений в России в период с 2000 по настоящее время показывало значительные изменения и положительную динамику. Изменения в социально-трудовых отношениях были обусловлены развитием экономики и внедрением новых технологий. Начало XXI века ознаменовалось высокой напряжённостью в трудовой сфере, связанной с экономической нестабильностью и высокой степенью социализации труда. По мере роста уровня жизни населения наблюдалось повышение активности деятельности профсоюзов в рамках социального партнерства. Отмечалось также усиление социально-экономического неравенства. В 2010-е годы развитие социально-трудовых отношений затормозилось в отдельных регионах, что привело к росту социальной напряженности. 2020-е годы отмечены замедлением темпов роста заработной платы.

В 2025 году социально-трудовые отношения формируются при значительном росте инфляции, особых условиях развития национальной экономики, а также необходимости адаптации производственно-хозяйственной деятельности к новым технологиям и условиям труда. Также требуют решения такие проблемы прошлых периодов в отрасли как недостаток квалифицированных кадров, высокая текучесть кадров, значительное число рабочих мест с вредными и тяжёлыми условиями труда, значительная дифференциация заработной платы внутри транспортной отрасли, в том числе по профессиям и должностям.

Ситуация в социально-трудовых отношениях, в целом, по-прежнему сложна и противоречива. Несмотря на их развитие, социальный аспект трудовых отношений все еще имеет второстепенное значение, уступая мотивации и стимулированию, и прежде всего материальному поощрению.

Устоявшиеся формы трудовых отношений, характерные еще для советского патернализма, все еще демонстрируют приверженность к консервативному взгляду на трудовые отношения. Развитие трудовых отношений в текущий момент времени можно охарактеризовать как «догоняющие» при переходе к информационному обществу.

Так, наблюдается значительная дифференциация заработной платы в отрасли. По данным 2023 г [17] уровень оплаты труда в целом на морском транспорте был выше более, чем 2 раза по сравнению с оплатой труда работников внутреннего водного транспорта за тот же период. Притом, что численность работников морского транспорта составляет 61% от такого же показателя по внутреннему транспорту, что отражено в таблице 1.

Таблица 1

Среднесписочная численность работников водного транспорта, в 2023, чел.

	В целом	в т.ч. пассажирский	в т.ч. грузовой	Вспомогательные работники
Морской транспорт	14860	677	14180	24380
Внутренний водный транспорт	24500	4000	20500	18200
Соотношение (раз)	0,61	0,17	0,69	1,34

Соотношение средней заработной платы 10% работников с наибольшей и 10% работников с наименьшей заработной платой составляет 11,5 раз. Медианное значение заработной платы – 59702,00 руб. При этом удельный вес занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда составляет около 30%, с тенденцией к снижению с 2020 по 2023 год на 3,6% за период. Разница между размером заработной платы руководителей и рабочих составляет 1,89 раза. Зарплата мужчин на 30-54% выше, чем у женщин в зависимости от категории. Сведения представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2

Среднемесячная начисленная заработная плата на водном транспорте в 2023 г, руб.

	В целом	В т.ч. пассажирский	В т.ч. грузовой
Морской транспорт	200 600,00	200 300,00	207,8
Внутренний водный транспорт	91 390,00	59 500	98 500
Соотношение (раз)	2,19	3,37	2,11

Таблица 3

Средняя начисленная заработная плата по категориям работников водного транспорта в 2023 г

	Руководители	Специалисты	Прочие служащие	Рабочие
Заработная плата	127272	88107	55978	67335
Соотношение (к заработной плате рабочих)	1,89	1,31	0,83	1
Мужчины	146464	105075	65406	72717
Женщины	95242	72539	50488	48671
Соотношение	1,54	1,45	1,30	1,49

Заключение

Зарубежный опыт и российская практика предполагают более активное развитие социального партнерства в следующих направлениях: участие работников в управлении производственно-хозяйственной деятельностью, оптимизацию процедуры регулирования возникающих трудовых споров, стимулирование финансового участия работников в собственности и доходах, развитие полиэлементного участия в менеджменте фондов социального обеспечения/страхования.

Качество системы социально-трудовых отношений в России имеет свои особенности. С одной стороны, отечественное законодательство демонстрирует некоторую идентичность с законодательством зарубежных стран касательно следующих аспектов: содержание норм, защита прав человека, механизмы социальной защиты, ориентация на интересы работников. С другой стороны, российская модель склонна поддерживать в стабильном состоянии сформировавшийся уровень без проработки вопросов повышения оплаты труда и его эффективности. Помимо прочего, в России сформировалась ситуация, когда значительная часть сотрудников работают неофициально, а самозанятые работники не делают обязательных отчислений в социальные фонды. Таким образом, качество социально-трудовых отношений в России требует дальнейшего развития и учёта положительного опыта других стран.

Системы организации труда в водном транспорте сталкиваются со специфическими вызовами, которые обычно не встречаются в других отраслях. Авторы статьи видят ряд преимуществ в том, что было ранее изложено в этой работе, что может иметь значение для политиков на национальном и международном уровнях.

Список литературы

1. El-Sahli, Z., & Upward, R. (2017). Off the waterfront: The long-run impact of technological change on dockworkers. *British Journal of Industrial Relations*, 55(2), 225–273. <https://doi.org/10.1111/bjir.12224>
2. Vanelslander, T., Sys, C., Lam, J. S. L., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Acciaro, M., Macario, R., & Giuliano, G. (2019). A serving innovation typology: Mapping port-related innovations. *Transport Reviews*, 39(5), 611–629. <https://doi.org/10.1080/0144647.2019.1587794>
3. Notteboom, T., & Vitellaro, F. (2019). The impact of innovation on dock labour: Evidence from European ports. *Electronic Journal of Management*, 3, 1–22.
4. Arduino, G., Aronietis, R., Crozet, Y., Frouws, K., Ferrari, Guihéry, L., Kapros, S., Kourounioti, I., Laroche, F., Lambrou, M., Lloyd, M., Polydoropoulou, A., Roumboutsos, A., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2013). How to turn an innovative concept into a success? An application to seaport-related innovation. *Journal of Research in Transport Economics*, 42(1), 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.11.002>
5. Бабинцева Елена Ивановна, Шишкина Екатерина Сергеевна. Нововведения в области управления трудовыми отношениями. *Электронный научно-практический журнал «Экономика и менеджмент инновационных технологий»*. <https://ekonomika.snauka.ru/2016/12/13171>
6. Ambrosino, D., Caballini, C., & Siri, S. (2013). A mathematical model to evaluate different train loading and stacking policies in a container terminal. *Maritime Economics and Logistics*, 15(3). <https://doi.org/10.1057/mel.2013.7>
7. Gharehgozli, A., Roy, D., & De Koster, R. (2016). Sea container terminals: New technologies and OR models. *Maritime Economics & Logistics*, 18(2), 103–140.
8. Zhang, S., Ruan, X., Xia, Y., & Feng, X. (2018). Foldable container in empty container repositioning in intermodal transportation network of Belt and Road Initiative: strengths and limitations. *Maritime Policy & Management*, 45, 351–369.
9. Aydogdu, Y. V., & Aksoy, S. (2015). A study on quantitative benefits of port community systems. *Maritime Policy & Management*, 45, 1–10.
10. Min, H., Ahn, S.-B., Lee, H.-S., & Park, H. (2017). An integrated terminal operating system for enhancing the efficiency of seaport terminal operators. *Maritime Economics & Logistics*, 19(3), 428–450.

11. Bottalico, A. (2020). Towards a common trajectory of port labour systems in Europe? The case of the port of Antwerp. *Case Studies on Transport Policy*, 8(2), 311–321.
12. Andrea Bottalico, Thierry Vanelslander, Patrick Verhoeven Innovation and labor in the port industry: A comparison between Genoa and Antwerp. March 2022. *Journal of Business Logistics* 43(2) DOI:10.1111/jbl.12303
13. Verspagen, B. (2005). Innovation and economic growth. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 487–513). Oxford University Press.
14. Jenssen, J. (2003). Innovation, capabilities and competitive advantage in Norwegian shipping. *Maritime Policy & Management*, 30, 93–106. <https://doi.org/10.1080/0308883032000084841>
15. От устойчивости до экологичности. Цифровой двойник помогает порту быть устойчивым, эффективным, экологичным. / ж-л Морские вести России. Морские порты №1 (2022). <https://morvesti.ru/analitika/1688/94960/>
16. Michaels, G., Natraj, A., & Van Reenen, J. (2014). Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60–77.
17. ТРАНСПОРТ РОССИИ. Информационно-статистический бюллетень. 2023 год. <https://mintrans.gov.ru/documents/7/13259>

References

1. El-Sahli, Z., & Upward, R. (2017). Off the waterfront: The long-run impact of technological change on dockworkers. *British Journal of Industrial Relations*, 55(2), 225–273. <https://doi.org/10.1111/bjir.12224>
2. Vanelslander, T., Sys, C., Lam, J. S. L., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Acciaro, M., Macario, R., & Giuliano, G. (2019). A serving innovation typology: Mapping port-related innovations. *Transport Reviews*, 39(5), 611–629. <https://doi.org/10.1080/0144647.2019.1587794>
3. Notteboom, T., & Vitellaro, F. (2019). The impact of innovation on dock labour: Evidence from European ports. *Electronic Journal of Management*, 3, 1–22.
4. Arduino, G., Aronietis, R., Crozet, Y., Frouws, K., Ferrari, C., Guihéry, L., Kapros, S., Kourounioti, I., Laroche, F., Lambrou, M., Lloyd, M., Polydoropoulou, A., Roumboutsos, A., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2013). How to turn an innovative concept into a success? An application to seaport-related innovation. *Journal of Research in Transport Economics*, 42(1), 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.11.002>
5. Babintseva Elena Ivanovna, Shihkina Ekaterina Sergeevna. Novovvedeniia v oblasti upravleniia trudovymi otnosheniiami. *Elektronnyj nauchno-prakticheskij zhurnal: "Ekonomika i menedzhment innovatsionnyh technologij"*. <https://ekonomika.snauka.ru/2016/12/13171>
6. Ambrosino, D., Caballini, C., & Siri, S. (2013). A mathematical model to evaluate different train loading and stacking policies in a container terminal. *Maritime Economics and Logistics*, 15(3). <https://doi.org/10.1057/mel.2013.7>
7. Gharehgozli, A., Roy, D., & De Koster, R. (2016). Sea container terminals: New technologies and OR models. *Maritime Economics & Logistics*, 18(2), 103–140.
8. Zhang, S., Ruan, X., Xia, Y., & Feng, X. (2018). Foldable container in empty container repositioning in intermodal transportation network of Belt and Road Initiative: strengths and limitations. *Maritime Policy & Management*, 45, 351–369.
9. Aydogdu, Y. V., & Aksoy, S. (2015). A study on quantitative benefits of port community systems. *Maritime Policy & Management*, 45, 1–10.
10. Min, H., Ahn, S.-B., Lee, H.-S., & Park, H. (2017). An integrated terminal operating system for enhancing the efficiency of seaport terminal operators. *Maritime Economics & Logistics*, 19(3), 428–450.
11. Bottalico, A. (2020). Towards a common trajectory of port labour systems in Europe? The case of the port of Antwerp. *Case Studies on Transport Policy*, 8(2), 311–321.
12. Andrea Bottalico, Thierry Vanelslander, Patrick Verhoeven Innovation and labor in the port industry: A comparison between Genoa and Antwerp. March 2022. *Journal of Business Logistics* 43(2) DOI:10.1111/jbl.12303

13. Verspagen, B. (2005). Innovation and economic growth. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 487–513). Oxford University Press.
14. Jenssen, J. (2003). Innovation, capabilities and competitive advantage in Norwegian shipping. *Maritime Policy & Management*, 30, 93–106. <https://doi.org/10.1080/0308883032000084841>
15. Ot ustojchivosti do ekologichnosti. Tsifrovoj dvojn timer pomogaet portu byt' ustojchivym, effektivnym, ekologichnym. / zh-1 Morskie vesti Rossii. Morskie porty №1 (2022). <https://morvesti.ru/analitika/1688/94960/>
16. Michaels, G., Natraj, A., & Van Reenen, J. (2014). Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60–77.
17. TRANSPORT ROSSII. Informatsionno-statisticheskij bjulleten'. 2023 god. <https://mintrans.gov.ru/documents/7/13259>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Каравашкина Рената Ивановна, к.э.н., доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: ren3004@mail.ru

Гуро-Фролова Юлия Романовна, к.психол.н., доцент, заведующий кафедрой иностранных языков и конвенционной подготовки, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: business_box_2@mail.ru

Бодров Олег Олегович, аспирант кафедры экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: bodrov.knn@ya.ru

Renata I. Karavashkina, Ph.D. in Economics, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov str., Nizhny Novgorod, 603950

Yulya R. Guro-Frolova, Ph.D. in Psychology, Head of the Chair of Foreign Languages and Conventional Training, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov str., Nizhny Novgorod, 603950

Oleg O. Bodrov, Postgraduate of the Department of Economics and Management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov str., Nizhny Novgorod, 603950

Статья поступила в редакцию 07.08.2025; принята к публикации 26.11.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 07.08.2025; published online 20.12.2025.

УДК-656.6

DOI: 10.37890/jwt.vi85.658

Имитационное моделирование процесса организации Северного завоза в нотации BPMN 2.0 системы «Bizagi Modeler»

Ю.С. Китаева

ORCID: 0009-0000-0521-0419

А.В. Кириченко

ORCID: 0000-0002-2995-4356

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация: С вступлением в силу Федерального закона от 01.04.2024 № 411-ФЗ «О северном завозе» был разработан и утвержден ряд нормативных правовых актов, направленных на обеспечение регулярной и бесперебойной организации Северного завоза, сокращение сроков и стоимости доставки [1]. В связи с принятием новых законодательных инициатив, возникает необходимость в детальной проработке взаимодействия участников Северного завоза, требующего тесного взаимодействия Федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации, региональных министерств и ведомств, и представителей бизнес-сообщества. Делегирование полномочий позволит конкретнее определить роль и ответственность каждого исполнителя, предупредит дублирование действий, и обеспечит непрерывное обновление информации о ходе выполнения поставленных задач и возникающих проблем [1].

В статье приводится описание методики компьютерного моделирования организации Северного завоза в России на примере Красноярского края, которое включает построение структурной модели в нотации моделирования бизнес-процессов BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) системы «Bizagi Modeler», позволяющей моделировать процесс межорганизационного взаимодействия с возможностью проанализировать узкие места при взаимодействии Федеральных и региональных органов власти. Дополнительно рассматривается организация Северного завоза в США (Штат Аляска) и в северных провинциях Канады, Финляндии и Норвегии.

Ключевые слова: Северный завоз, организация северного завоза, транспортный процесс, имитационное моделирование, модель процесса, бизнес-процесс.

Simulation modeling of the Northern Delivery organization process in BPMN 2.0 notation using the «Bizagi Modeler» system

Yulia S. Kitaeva

ORCID: 0009-0000-0521-0419

Alexander V. Kirichenko

ORCID: 0000-0002-2995-4356

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg, Russia

Abstract: With the entry into force of Federal Law No. 411-FZ "On Northern Delivery" dated April 1, 2024, a number of regulatory legal acts were developed and approved aimed at ensuring the regular and uninterrupted organization of Northern Delivery and reducing delivery times and costs. The adoption of new legislative initiatives necessitates a detailed review of the interactions between Northern Delivery participants which requires close collaboration between the Federal Executive Authorities of the Russian Federation, regional ministries and departments, and representatives of the business community. Delegation of

authority will allow for a more specific definition of the role and responsibilities of each contractor, prevent duplication of efforts, and ensure continuous updates on the progress of assigned tasks and emerging issues.

This article describes a methodology for computer modeling the organization of Northern Delivery in Russia, using the Krasnoyarsk Krai as an example. This methodology includes constructing a structural model in BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) of the Bizagi Modeler system. This model allows for modeling interorganizational interactions and the ability to analyze bottlenecks in interactions between federal and regional government agencies. The organization of Northern Delivery in the United States (Alaska) and in the northern provinces of Canada, Finland, and Norway is also considered.

Keywords: Northern delivery, organization of Northern delivery, transport process, simulation modeling, process model, business process.

Введение

Северный завоз – это сложный транспортно-логистический процесс, обеспечивающий жизнедеятельность удаленных регионов Российской Федерации с суровыми климатическими условиями.

Организация Северного завоза в России является комплексной задачей, в решении которой участвуют как Федеральные органы исполнительной власти, так и органы власти 20 субъектов Российской Федерации, входящих в перечень территорий Северного завоза. Эффективная организация Северного завоза является критически важной для поддержания социально-экономической стабильности северных территорий, обеспечения продовольственной безопасности и снабжения необходимыми ресурсами. Взаимодействие между участниками организации снабжения осуществляется в рамках совещательных органов (правительственные и межведомственные комиссии), а также путем согласования документов и планов [2] [3].

Снабжение товарами жизнеобеспечения отдаленных северных территорий ведется не только в России, но и в США (Штат Аляска), в северных провинциях Канады, Финляндии и Норвегии, и представляет собой комплексную логистическую задачу.

Организация северного завоза на Аляске существенно отличается от аналогичного процесса в России, поскольку американская система больше ориентирована на коммерческие структуры и частные инициативы (компании самостоятельно занимаются организацией морских и воздушных грузоперевозок, используя собственные суда и авиапарк), а государство играет второстепенную роль. Ввиду обширной территории, труднодоступности многих населенных пунктов и климатических особенностей, доставка грузов северного завоза осуществляется морским, воздушным и автомобильным видами транспорта, и преимущественно в летний период. Основная масса грузов (товары первой необходимости, топливо и оборудование) поступает морем, через порты Анкоридж и Сьюард, откуда осуществляется дальнейшая распределительная логистика. Воздушные перевозки медикаментов и скоропортящихся грузов в труднодоступные населенные пункты выполняются регулярными рейсами. Автомобильные перевозки ограничены сезонностью и состоянием дорог, многие участки становятся непроходимыми в зимний период. Правительство США субсидирует деятельность авиакомпаний и компаний морского транспорта, выделяет гранты на поддержание инфраструктуры, увеличивает финансирование, чтобы снизить издержки и повысить доступность жизненно важных товаров и услуг [4].

Организация северного завоза в северных провинциях Канады обусловлено сложной географией и климатическими особенностями, поэтому основными факторами успеха здесь выступают инновационные решения и сотрудничество всех заинтересованных сторон. Основным средством доставки товаров в малонаселенные и отдаленные поселения является авиационный транспорт, однако, для севера Канады

характерны короткие взлетно-посадочные полосы и плохие погодные условия, что создает серьезные ограничения на использование авиации. Большие партии товаров и различного оборудования в период короткого летнего сезона доставляются судами через моря и озера. Как и в России, в холодное время года актуально использование зимников («winter road») - временного транспортного сообщения, построенного на льду замерзших рек и озер.

Такой вид доставки широко распространен в провинциях Манитоба и Саскачеван, а также на Северо-Западных территориях Канады. Машиностроителями разработаны специализированные конструкции автомобилей, приспособленные к передвижению по снегу и льду. Что касается инновационных технологий, то использование GPS-технологий и спутникового мониторинга позволяет отслеживать состояние груза и обеспечивать безопасность маршрута даже в сложных природных условиях. Логистика учитывает необходимость резервирования большого количества товаров и стратегических запасов, чтобы обеспечить потребности населения круглый год. Правительство Канады оказывает поддержку жителям северных территорий различными способами: субсидии и налоговые льготы транспортным компаниям и производителям, создание региональных складов и баз для хранения запасов основных продуктов и топлива, регулирование тарифов на авиационное обслуживание и транспортировку. Однако несмотря на наличие развитых механизмов управления и современные технологии, проблема доступности качественных и недорогих товаров в северные провинции Канады остаётся актуальной. Население испытывает нехватку свежих продуктов, лекарств и иных товаров повседневного спроса. Решение этих вопросов требует дальнейшего совершенствования системы северного завоза и привлечения инвестиций в региональную инфраструктуру [4].

Северный завоз в Финляндии организован автомобильным и железнодорожным транспортом. Автостреды и региональные трассы покрывают всю территорию страны, обеспечивая круглогодичный доступ ко всем городам и малым населенным пунктам. Дороги регулярно очищаются от снега и обрабатываются противогололедными средствами. Система автомобильных дорог интегрирована с железными дорогами, что повышает эффективность логистики. Поезда ходят ежедневно и круглосуточно, обеспечивая бесперебойную поставку товаров в любую точку Финляндии. Озера и реки предоставляют дополнительную возможность доставки грузов летом и осенью, когда ледостав ещё не наступил, а суда с малой осадкой позволяют работать в условиях мелководья. Отличительной чертой финской модели является активное участие государства в поддержке региональной торговли и укреплении социальных гарантий населения, инвестициях в строительство и поддержание транспортной инфраструктуры, осуществлении контроля качества и безопасности перевозок. Широко применяется автоматизированное отслеживание движения грузов, оптимизированные маршруты и использование беспилотников для контроля состояния автомобильных дорог и железнодорожных путей. Население получает финансовую помощь на приобретение дорогостоящих товаров длительного пользования, медицинских препаратов и образовательных услуг. Местные органы власти субсидируют транспортные услуги и мероприятия по развитию туристической индустрии. Таким образом, успешная реализация северного завоза в Финляндии обеспечивается благодаря сочетанию современной инфраструктуры, передовых технологий и активной роли государства в создании благоприятных условий для бизнеса и повышения благосостояния граждан.

Организация северного завоза в норвежских северных провинциях, таких как Тромс и Финнмарк, основывается на сочетании современных транспортных сетей, развитой инфраструктуры и эффективного управления ресурсами. Благодаря уникальной географии Норвегии и наличию хорошо оснащенной транспортной системе, северные регионы получают необходимое количество товаров и услуг практически непрерывно. Высококачественные автостреды связывают северные

города и поселки с центральными областными центрами страны. Национальные автодороги постоянно модернизируются, оборудуются системой освещения и антигололедной обработки. Паромы осуществляют регулярные рейсы между городами и островами, обеспечивая транспортировку больших объемов товаров и пассажиров. Флот обновляется ежегодно, вводятся новые суда повышенной грузоподъемности. Железные дороги работают в тесном взаимодействии с автомобильной сетью, гарантируя быструю доставку товаров в самые удаленные уголки северных провинций. Аэропорты функционируют стабильно, самолеты совершают рейсы даже в неблагоприятных погодных условиях. Частота полетов увеличивается в зимний период, когда снежные заносы осложняют движение автотранспорта. Для улучшения эффективности снабжения северных территорий норвежские власти применяют ряд мер: используют систему электронных карт для оптимизации маршрутов передвижения грузовиков и поездов, проводят ежегодные инспекции дорожных покрытий и мостов, поддерживают постоянный контакт с местными жителями, прислушиваясь к их пожеланиям и рекомендациям по улучшению обслуживания. Продуманная политика правительства и высокие стандарты сервиса делают организацию северного завоза в Норвегии примером эффективной реализации подобной стратегии в условиях холодного климата и ограниченной транспортной доступности [5].

Проведя сравнительный анализ организации Северного завоза в России и за рубежом, можно сделать вывод, что обеспечение транспортного процесса для снабжения русского севера отличается и имеет специфические особенности, такие как привлечение Госкорпораций и (или) компаний с механизмом государственно-частного партнерства. Данный факт учтен и показан на рис. 1 [1].

Транспортный процесс – это одновременные последовательные смены явлений, вызванные перемещением, по причине организованного людьми движения транспортируемого груза, а также смена состояний тех, кто осуществляет последовательные действия для достижения целей и результата.

Понятие транспортного процесса, применимого к построению модели бизнес-процесса, является последовательность действий и комплексов мероприятий, повторяющихся в течении строго отведенного времени, при выполнении которых используются ресурсы внешней среды для достижения результата [6].

Современный подход к решению вопросов доставки грузов в северные территории требует внедрения новых технологий и методов моделирования уже имеющегося транспортного процесса. Одним из перспективных инструментов является имитационное моделирование, позволяющее детально проанализировать транспортный процесс и наглядно рассмотреть взаимодействия между его участниками [7][8].

Разработка имитационной модели процесса организации Северного завоза в нотации BPMN 2.0 системы «Bizagi Modeler» является целью данной работы.

Метод

Имитационное моделирование процесса организации Северного завоза в нотации BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) с использованием программ «Bizagi» или «AnyLogic» – это задача, которая включает в себя создание модели бизнес-процесса с последующим запуском симуляции для анализа его работы во времени. Проект направлен на создание визуальной модели, которая позволит детально изучить все этапы процесса, выявить узкие места, а также оптимизировать уже существующую систему [9].

«Bizagi Modeler» – это интерфейс, инструмент для создания и моделирования бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0, позволяющий наглядно представить заданный процесс в виде взаимосвязанных задач и событий, экспериментировать с различными

сценариями, оценивать влияние различных факторов, а также определять ключевые параметры и показатели эффективности [10].

Процесс моделирования состоит из нескольких ключевых элементов:

- *Стартовое событие*: начало процедуры, запускающее процесс.
- *Задачи*: конкретные действия, выполняемые субъектами процесса.
- *Шлюзы*: точки ветвления, определяющие дальнейшие шаги на основании определенных условий.
- *Завершающее событие*: финализация процесса.

Упрощенный процесс организации Северного завоза в BPMN 2.0 выглядит следующим образом:

Start Event -> Планирование -> Gate: План утверждён?

-> [Да] -> Закупка и комплектация -> Оформление документов -> Погрузка -> Транспортировка -> Приёмка -> End Event.

-> [Нет] -> Возврат на доработку плана -> Планирование.

Результат

Для проведения детального анализа процесса снабжения в разных регионах России были сделаны запросы (обращения гражданина Китаевой Ю.С.) в Сахалинскую и Магаданскую области, Красноярский край, Чукотский Автономный округ и Республику Саха (Якутия), на которые были получены соответствующие ответы от региональных координаторов северного завоза.

Путь для нормализации оптимизации процесса планирования Северного завоза приведен на примере Красноярского края¹.

Полномасштабная модель, где отражены потоки работ, принятия решений и делегирование полномочий, построенная в «Modeler «Bizagi», изображена на рис. 1 [1].

Пул «Организация Северного завоза» является графической зоной ответственности всего процесса, разделенный на *дорожки* «Региональное правительство (Красноярский край)», «завоз» и «Федеральные органы исполнительной власти», в которых происходят события и операции процесса.

Дорожка «завоз»:

Завоз – стартовое событие, где нет участников для достижения цели, поэтому с помощью *параллельного шлюза (развилки)* делегируются полномочия между Правительством Российской Федерации и Правительством Красноярского края.

Дорожка «ФОИВ»:

Правительство Российской Федерации не только издает постановления в рамках обеспечения доставки Северного завоза, но и с помощью параллельного шлюза делегирует полномочия между ответственным исполнителем в лице Минвостокразвития России и соисполнителями в лице различных Министерств, ведомств, Госкорпораций и компаний с механизмом государственно-частного партнёрства, в части своей компетенции.

Соисполнители благодаря *параллельному шлюзу* привлекают подведомственные Федеральные агентства, которые в свою очередь поручают вопрос профильным учреждениям: службам, управлениям и администрациям, находящимся «на местах» и владеющим информацией предметно.

¹ Ответ на обращение гражданина Китаевой Ю.С., направленное из Агентства по развитию северных территорий и поддержке коренных малочисленных народов Красноярского края от 02.09.2025 № 76-49/25.

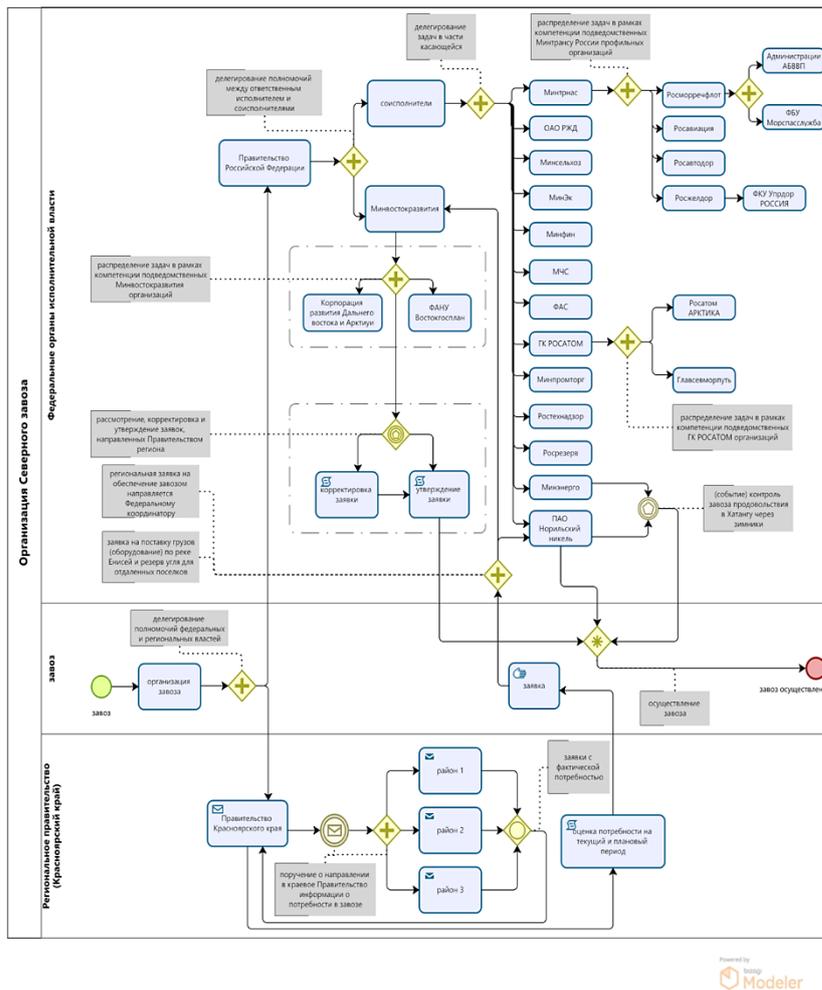


Рис. 1. Модель процесса организации доставки грузов 1 и 2 категории в нотации BPMN 2.0 («Modeler Bizagi») на примере Красноярского края [1]

Ответственный исполнитель (Минвостокразвития России) с помощью *параллельного шлюза* делегирует двум профильным подведомственным организациям снабженческие вопросы (создание цифровой платформы мониторинга и моделирования Северного завоза, поддержание инфраструктуры и привлечение инвестиций), с помощью *событийного шлюза* рассматривает заявки, поступившие от регионов с ограниченным сроком завоза грузов (в случае примера – Красноярский край), и принимает решение об их утверждении или корректировке для осуществления завоза, который происходит на *дорожке* «завоз».

Дорожка «Региональное правительство (Красноярский край)»:

Правительство Красноярского края с помощью *параллельного шлюза* поручает районам направить информацию о потребности в завозе на 3 года (предстоящий год и плановый период). Благодаря *неэксклюзивному шлюзу* (завершение всех событий и активация исходящего потока) заявки с фактической потребностью поступают в Правительство Красноярского края и консолидируются. После того, как Правительство проведет оценку потребности, формируется региональная заявка на обеспечение Северным завозом, процесс которого происходит на *дорожке* «завоз».

В зависимости от предметности заявки (региональная или внутренняя), она с помощью *параллельного шлюза* адресуется Минвостокразвития России или ПАО

«Норильский никель», соответственно. Градообразующее предприятие с механизмом государственно-частного партнёрства (ПАО «Норильский никель») обрабатывает внутреннюю заявку на доставку грузов (оборудование) по р. Енисей, а также резервирует уголь для отдаленных поселков Красноярского края.

Также ПАО «Норильский никель» совместно с Минэнерго России, образуя *множественное событие*, осуществляет контроль завоза продовольствия в Хатангу через зимники [1].

Утвержденная заявка на поставку, поставка оборудования ПАО «Норильский никель» и осуществление завоза в Хатангу (разновидности события завоз) проходят через шлюз *комплексного условия* логических операторов по *дорожке «завоз»* и дают основания на осуществление завоза. Цель достигнута.

Для проверки корректности построенной схемы «Modeler Bizagi» предоставляет функцию валидации (проверки), которая показывает правильность соединения элементов моделирования транспортного процесса (рис. 2).

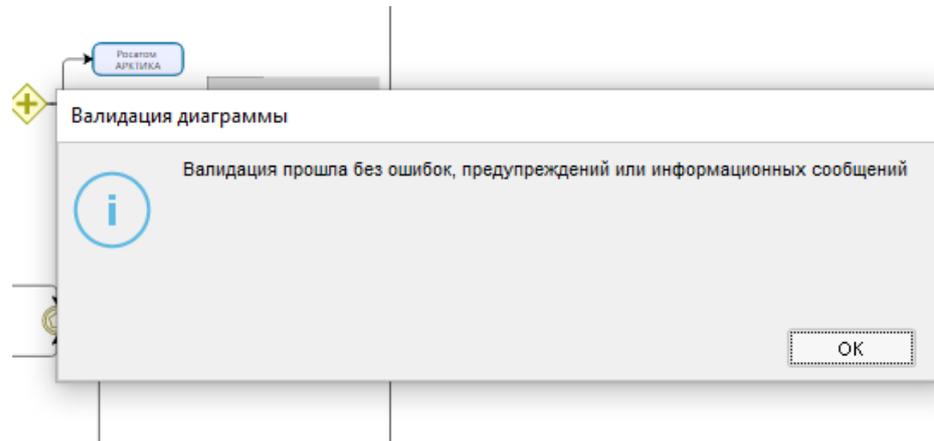


Рис.2. Валидация построенной модели в нотации BPMN 2.0 («Modeler Bizagi»)

Построенная с помощью программы «Modeler Bizagi» схема процесса организации Северного завоза прошла апробацию, поскольку использовалась в текущем (2025) году при доставке грузов 1 и 2 категории в Красноярском крае [1].

При использовании исполнимой версии процессной модели в качестве исходных данных будут фигурировать математические ожидания и среднеквадратические отклонения значений продолжительности приведенных работ, что позволит с достаточной достоверностью прогнозировать время, требуемое для выполнения всего комплекса мероприятий.

Заключение

С помощью нотации BPMN 2.0. («Modeler Bizagi»), представляющей собой прикладное программное обеспечение, позволяющее моделировать процесс межорганизационного взаимодействия, можно изобразить схему организации Северного завоза, проанализировать узкие места при взаимодействии Федеральных и региональных органов власти и продемонстрировать значительный потенциал для повышения эффективности логистического процесса. Использование современных технологий позволяет минимизировать издержки, повысить надежность поставок и обеспечить устойчивое развитие удалённых регионов России.

Список литературы

1. Китаева Ю.С. Взаимодействие федеральных органов исполнительной власти российской федерации и органов местного управления Красноярского края для обеспечения северного завоза // Материалы VIII Санкт-Петербургского морского форума. 2025. С. 60-74. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82870316> (дата обращения 01.06.2025).
2. Зворыкина Ю.В. О совершенствовании механизмов Северного завоза для повышения качества жизни удаленных территорий России // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 5 (72). С. 15-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/> (дата обращения 13.07.2025).
3. Давыденко А.А., Кириченко А.В., Кузнецов А.Л. Обоснование концепции создания транспортной системы совместного использования в Арктическом регионе Российской Федерации // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 3 (31). С. 120-124.
4. Васильев В.В., Грицевич А.В., Селин В.С. Исторические тенденции и современные организационно-экономические проблемы «северного завоза». Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2009. 152 с.
5. Бухалкин Д.Д., Костров В.Н. Научно-методические подходы к оценке влияния инновационных цифровых технологий и услуг на трансформацию цепей поставок продукции // Научные проблемы водного транспорта. 2025. № 84 (3). С. 115-129. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi84.620>.
6. Тындыкарь Ю.В., Тындыкарь Л.Н. Бизнес-процессы в интегрированных транспортно-технологических системах // Морские вести России. 2025. № 1 (178). С. 164-168.
7. Кузнецов А.Л., Изотов О.А., Семенов А.Д., Смоленцев С.В. Методы мягких вычислений для генерации неоднородных потоков событий в моделировании транспортных систем // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 4 (42) том 4. С. 186-190.
8. Кузнецов А.Л., Кириченко А.В., Семенов А.Д. Выбор формы функции аппроксимации размеров судов для целей проектирования морских портов // Морские интеллектуальные технологии. 2022. № 4 часть 1. С. 265-271. DOI: <https://doi.org/10.37220/МИТ.2022.58.4.052>.
9. Кузнецов А.Л., Галин А.В., Семенов А.Д., Виноградова Э.В. Оценка производительности причала для целей имитационного моделирования // Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 1 (47) том 1. С. 140-144. DOI: <https://doi.org/10.37220/МИТ.2020.47.1.007>.
10. Федоров И.Г. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN 2.0. Москва: МЭСИ, 2013. 255 с.

References

1. Kitaeva Yu.S. Interaction of federal executive bodies of the Russian Federation and local government bodies of Krasnoyarsk Krai to ensure the northern delivery // Proceedings of the VIII St. Petersburg Maritime Forum. 2025. pp. 60-74. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82870316> (date of access 01.06.2025).
2. Zvorykina Yu.V. On improving the mechanisms of the northern delivery to improve the quality of life in remote areas of Russia // Transport of the Russian Federation. 2017. No. 5 (72). pp. 15-17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/> (date of access 13.07.2025).
3. Davydenko A.A., Kirichenko A.V., Kuznetsov A.L. Justification of the Concept for Creating a Shared Transport System in the Arctic Region of the Russian Federation // Bulletin of the Admiral S. O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. 2015. No. 3 (31). pp. 120-124.
4. Vasiliev V. V., Gritsevich A. V., Selin V. S. Historical Trends and Current Organizational and Economic Problems of the «Northern Delivery». Apatity: Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 2009. 152 p.
5. Bukhalkin D. D., Kostrov V. N. Scientific and Methodological Approaches to Assessing the Impact of Innovative Digital Technologies and Services on the Transformation of Product Supply Chains // Scientific Problems of Water Transport. 2025. No. 84 (3). pp. 115-129. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi84.620>.

6. Tyndykar Yu.V., Tyndykar L.N. Business Processes in Integrated Transport and Technological Systems // *Maritime News of Russia*. 2025. No. 1 (178). P. 164-168.
7. Kuznetsov A.L., Izotov O.A., Semenov A.D., Smolentsev S.V. Soft Computing Methods for Generating Heterogeneous Event Flows in Transport System Modeling // *Marine Intelligent Technologies*. 2018. No. 4 (42), Volume 4. P. 186-190.
8. Kuznetsov A.L., Kirichenko A.V., Semenov A.D. Selecting the Form of the Vessel Dimensions Approximation Function for Seaport Design Purposes // *Marine Intelligent Technologies*. 2022. No. 4, Part 1. P. 265-271.
DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2022.58.4.052>.
9. Kuznetsov A.L., Galin A.V., Semenov A.D., Vinogradova E.V. Berth Performance Assessment for Simulation Modeling Purposes // *Marine Intelligent Technologies*. 2020. No. 1 (47), Volume 1. P. 140-144. DOI: <https://doi.org/10.37220/MIT.2020.47.1.007>.
10. Fedorov I.G. Business Process Modeling in BPMN 2.0 Notation. Moscow: MESI, 2013. 255 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Китаева Юлия Сергеевна, аспирант кафедры портов и грузовых терминалов, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова (ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова), 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, e-mail: yuli-sergeevna@mail.ru

Yulia S. Kitaeva, post-graduate student of Ports and Freight Transportation Department, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping (Admiral Makarov SUMIS), 5/7 Dvinskaya Street, Saint Petersburg, 198035, e-mail: yuli-sergeevna@mail.ru

Кириченко Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой портов и грузовых терминалов; Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова (ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова), 198035, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7, e-mail: kirichenkoav@gumrf.ru

Alexander V. Kirichenko, doctor of engineering science, professor, head of Ports and Freight Transportation Department; Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping (Admiral Makarov SUMIS), 5/7 Dvinskaya Street, Saint Petersburg, 198035, e-mail: kirichenkoav@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 30.10.2025; принята к публикации 26.11.2025; опубликована онлайн 26.11.2025. Received 30.10.2025; published online 20.12.2025.

УДК 336.221

DOI: 10.37890/jwt.vi85.648

Налогообложение НДС при организации скоростных пассажирских перевозок в рамках реализации проекта «Речные магистрали»

В.В. Крайнова

ORCID: 0000-0001-7960-3661

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Реализация проекта «Речные магистрали» выявила ряд проблемных вопросов по различным аспектам налогообложения НДС при организации скоростных пассажирских перевозок. Важнейшим вопросом при субсидировании скоростных социально-значимых пассажирских линий является вопрос налогообложения НДС бюджетных средств. В настоящее время правила исчисления налоговой базы по НДС не имеют единого регламента и определяются дифференциацией режимов предоставления бюджетных средств налогоплательщикам и видами субсидий: на финансовое обеспечение (возмещение) затрат по скоростным перевозкам либо на возмещение недополученных доходов. Автором систематизирован порядок налогообложения субсидий и возможность возмещения «входного» НДС с учетом различных условий субсидирования. Кроме того, проведенный автором анализ условий налогообложения НДС услуг по перевозке пассажиров другими видами транспорта показал, что налоговые преференции делают их тарифы более привлекательными для пассажиров, что негативно влияет на конкурентоспособность и развитие пассажирского внутреннего водного транспорта, в том числе скоростного. Автором предложено введение налоговой льготы для скоростного пассажирского флота путем внесения изменений в статью 164 НК РФ в части установления нулевой ставки НДС для речных пассажирских перевозок на скоростных судах, что обеспечит сбалансированный социальный тариф, будет способствовать сокращению господдержки, придаст дополнительный импульс развитию скоростных речных перевозок.

Ключевые слова: скоростные пассажирские перевозки, налогообложение речных перевозок, налог на добавленную стоимость, льготы и преференции, субсидирование скоростных речных перевозок, налогообложение субсидий.

VAT taxation in the organization of high-speed passenger transportation as part of the implementation of the «River Highways» project

Vera V. Krainova

ORCID: 0000-0001-7960-3661

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The implementation of the «River Highways» project has revealed a number of problematic issues regarding various aspects of VAT taxation in the organization of high-speed passenger transportation. A crucial issue in subsidizing high-speed socially significant passenger routes is the VAT taxation of subsidies. Currently, the rules for calculating the VAT tax base are not unified and are determined by the differentiated regime for providing budgetary funds to taxpayers and the types of subsidies for the financial coverage (reimbursement) of costs for high-speed transportation or for compensating lost income. The author has systematized the procedure for taxing subsidies and the possibility of VAT refunds, taking into account various subsidy conditions. Furthermore, the author's analysis of VAT taxation conditions for passenger transportation services by other modes of transport has

shown that tax preferences make their tariffs more attractive to passengers, which negatively affects the competitiveness and development of passenger inland water transport, including high-speed transport. The author proposes introducing a tax benefit for the high-speed passenger fleet by amending Article 164 of the Tax Code of the Russian Federation to establish a zero VAT rate for river passenger transportation on high-speed vessels. This will ensure a balanced social tariff, contribute to reducing state support, and provide an additional impetus for the development of high-speed river transportation.

Keywords: high-speed passenger transportation, taxation of river transportation, value added tax, benefits and preferences, subsidizing high-speed river transportation, taxation of subsidies.

Введение

Уровень транспортной подвижности населения в РФ в 2 - 4 раза ниже в сравнении с другими развитыми странами. Низкая транспортная подвижность населения и нереализованный потенциал внутреннего туризма препятствуют сбалансированному развитию страны и регионов [1].

Поэтому одна из долгосрочных целей развития транспортной системы, определенная в Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года – это повышение мобильности населения и развитие внутреннего туризма [1].

Как показал ретроспективный анализ (табл. 1), объем перевозок пассажиров внутренним водным транспортом за период с 1980 по 2024 год снизился в 8,5 раз - с 103 до 12,1 млн. человек. Наряду с падением объемов перевозок в 90-х годах XX века произошло падение спроса на пассажирские перевозки внутренним водным транспортом из-за снижения платежеспособного спроса населения. С 2005 года отменено субсидирование перевозок пассажиров речным транспортом из федерального бюджета, а дотирование из бюджетов субъектов РФ не компенсирует расходы судоходных компаний, и перевозки становятся убыточными.

Таблица 1

Динамика объема перевозок пассажиров внутренним водным транспортом в 1980-2024 гг.

Перевезено пассажиров млн чел.	1980	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023	2024
	103,0	90,0	25,0	26,0	16,0	15,5	13,3	7,7	8,6	9,1	10,6	12,1

Составлена автором по данным Росстата: Сведения о региональных и межрегиональных перевозках грузов и пассажиров внутренним водным транспортом - Форма 11-ВТ [2].

Прогнозный объем пассажирских перевозок, определенный в Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: к 2030 г – 19 млн чел. (157% к уровню 2024 года), к 2035 г. - 21,1 млн чел. (174 % к уровню 2024 года) [1].

Можно условно выделить два сегмента перевозок на рынке пассажирских перевозок речным транспортом:

- туристические и экскурсионно-прогулочные пассажирские перевозки, характеризующиеся достаточной рентабельностью и демонстрирующие положительную динамику роста;
- межрегиональные транспортные маршруты, которые обеспечивают социально-значимые перевозки пассажиров, но являются убыточными, в связи с чем традиционно были дотационными.

В октябре 2023 года началась реализация проекта «Речные магистрали», инициированного Минтрансом России и направленного на возрождение скоростных

межрегиональных пассажирских перевозок по Волге. В 2024 году в рамках этого проекта судоходные компании, осуществляющие межрегиональные скоростные пассажирские перевозки, получили субсидирование из федерального бюджета в размере 48,8 млн рублей. Компании из Татарстана, Чувашии и Нижегородской области перевезли 34 тыс. пассажиров по маршрутам от Городца до Ульяновска по 12-ти субсидируемым маршрутам. Рейсы выполняли суда типа «Метеор» и «Валдай» по маршрутам от городов Нижний Новгород, Казань и Чебоксары [3].

В 2025 году маршрутная сеть будет расширена от Рыбинска до Городца, планируется перевезти порядка 52 тысяч пассажиров по 14-ти субсидируемым маршрутам.

Предоставление субсидий судоходным компаниям осуществляется в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 25.10.2023 N 1780 (ред. от 11.11.2024) «Об утверждении Правил предоставления из бюджетов бюджетной системы Российской Федерации субсидий, в том числе грантов в форме субсидий, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, а также физическим лицам - производителям товаров, работ, услуг» [4].

При определении порядка и размера субсидирования необходимо учитывать налоговые аспекты, возникающие при реализации скоростных пассажирских перевозок и их субсидировании, а именно: наличие/отсутствие льгот по НДС при реализации услуг скоростных пассажирских перевозок, налогообложение НДС сумм субсидий, возможность вычета «входного» НДС по приобретениям, оплаченным за счет субсидии.

Методы

Методами исследования являлись: анализ отдельных нормативно-правовых актов [1,4,5], а также трудов ученых, ориентированных на проблемные вопросы по выбранной тематике [7-13]. При проведении исследования использовались классические методы: наблюдение, группировка сравнение, обобщение.

В качестве информационной базы исследования использовались статистические материалы, характеризующие деятельность водного транспорта [2,6].

Результаты, обсуждения

Налогообложение НДС услуг по скоростным пассажирским перевозкам

Услуги скоростных пассажирских перевозок водным транспортом облагаются НДС в общем порядке – по ставке 20% [5].

В структуре налоговой нагрузки отраслевых предприятий за последние пять лет НДС занимает значительный удельный вес – от 42% до 57% (табл.2).

Таблица 2

Поступление НДС по виду деятельности «Деятельность водного транспорта» в консолидированный бюджет РФ

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024
Всего налоговые платежи в консолидированный бюджет РФ, млн руб.	26 091	33 145	32 539	65 665	61 873
- в т.ч. НДС, млн руб.	14 931	18 038	12 539	29 662	25 821
Удельный вес НДС в налоговых платежах, %	57	54	39	45	42

Составлена автором по данным ФНС России «Отчет о поступлении налогов, сборов и страховых взносов в бюджетную систему Российской Федерации по основным видам экономической деятельности. 1-НОМ» [6].

Среди существующих в налоговом законодательстве льгот/освобождений (табл.3) для судоходных компаний применимо лишь освобождение от уплаты НДС услуг по перевозке пассажиров в пригородном сообщении, но только при условии осуществления перевозок по единым тарифам с предоставлением всех льгот на проезд, утвержденных в установленном порядке [7-10].

В то же время ситуация с налогообложением пассажирских перевозок НДС на других видах транспорта существенно отличается (табл.3): так, пассажирские перевозки железнодорожным транспортом (как в пригородном, так и в дальнем сообщении по России) облагаются по нулевой ставке; на воздушном транспорте для пассажирских перевозок применяются пониженные ставки: 0% и 10% и т.д. [5].

Представленные другим видам транспорта налоговые преференции делают их тарифы более привлекательными для пассажиров, что негативно влияет на конкурентоспособность и развитие пассажирского внутреннего водного транспорта, в том числе скоростного.

Таблица 3

Налоговые льготы/освобождения по НДС по пассажирским перевозкам разными видами транспорта

№ п/п	Вид транспорта	Ст. НК РФ	Льгота/освобождение	Примечание
	Все виды транспорта	ст.164 п.1	Пониженная ставка НДС (0%) при перевозке пассажиров и багажа с пунктом отправления/назначения за пределами РФ	при оформлении перевозок на основании единых международных перевозочных документов Действует до 01.01.2028
	Городской транспорт общего пользования	пп. 7 п. 2 ст. 149 НК РФ	Освобождение от уплаты НДС реализации услуг по перевозке пассажиров городским пассажирским транспортом общего пользования (за исключением такси, в том числе маршрутного)	при условии осуществления перевозок по единым тарифам за проезд, установленным органами местного самоуправления, с предоставлением всех льгот на проезд
	Транспорт в пригородном сообщении	пп. 7 п. 2 ст. 149 НК РФ	Освобождение от уплаты НДС услуг по перевозке пассажиров морским, речным, железнодорожным или автомобильным транспортом (за исключением такси, в том числе маршрутного) в пригородном сообщении	при условии осуществления перевозок по единым тарифам с предоставлением всех льгот на проезд, утвержденных в установленном порядке
	Автомобильный транспорт	пп. 7.1 п. 2 ст. 149 НК РФ	Освобождение от уплаты НДС реализации работ, связанных с осуществлением регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом	
	Железнодорожный транспорт	пп. 9.2 п. 1 ст.	Пониженная ставка НДС (0%) на услуги по перевозке пассажиров	действует с 01.01.2015 по 31.12.2029

№ п/п	Вид транспорта	Ст. НК РФ	Льгота/освобождение	Примечание
		164 НК РФ	железнодорожным транспортом в пригородном сообщении	
		пп.9.3 п. 1 ст. 164 НК РФ	Пониженная ставка НДС (0%) на услуги по перевозке пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования в дальнем сообщении по России	действует с 01.01.2017 по 31.12.2029
6	Воздушный транспорт	пп. 4.1 п. 1 ст. 164 НК РФ	Пониженная ставка НДС (0%) на услуги по внутренним воздушным перевозкам пассажиров и багажа при условии, что пункт отправления/назначения расположен на территории Республики Крым или на территории города федерального значения Севастополя	
пп. 4.2 п. 1 ст. 164 НК РФ		Пониженная ставка НДС (0%) на услуги по внутренним воздушным перевозкам пассажиров и багажа при условии, что пункт отправления/назначения расположен на территории Калининградской области, Дальневосточного федерального округа		
пп. 4.3 ч. 1 ст. 164 НК РФ		Пониженная ставка НДС (0%) на услуги по внутренним воздушным перевозкам пассажиров и багажа при условии, что пункт отправления/назначения, а также все промежуточные пункты маршрута перевозки в случае их наличия расположены вне территории Московской области и территории города федерального значения Москвы		
пп. 6 п. 2 ст.164 НК РФ		Пониженная ставка НДС (10%) на услуги по внутренним воздушным перевозкам пассажиров и багажа	за исключением услуг, указанных в пп. 4.1, 4.2 и 4.3 пункта 1 ст. 164 НК РФ	

Вопрос освобождения от НДС услуг по перевозке пассажиров водным транспортом, в том числе скоростным, начиная с 2023 года, неоднократно выносился на обсуждение в Правительстве РФ, однако остается нерешенным до настоящего времени.

Налогообложение НДС субсидий

Важнейшим вопросом при субсидировании скоростных социально-значимых пассажирских линий являются вопросы налогообложения бюджетных средств НДС. В настоящее время особенности регулирования правил исчисления налоговой базы по НДС при получении субсидий определяются дифференциацией режимов предоставления бюджетных средств налогоплательщикам [11-13].

Чтобы определиться с налогообложением при получении субсидий, необходимо знать, на какие цели они предоставляются и учитывают ли сумму НДС. От этого зависит порядок налогообложения полученных сумм.

Вопросы налогообложения субсидий достаточно часто вызывают налоговые споры среди налогоплательщиков-получателей субсидий, об этом свидетельствуют многочисленные разъяснения - письма Минфина России, ФНС России, обзор судебной практики Верховного суда РФ. Все это говорит о необходимости более тщательного изучения и проработки вопросов налогообложения субсидий.

Судоходные компании, получающие субсидирование из федерального бюджета, чаще применяют традиционный налоговый режим налогообложения и являются плательщиками НДС.

Субсидии из бюджетов РФ могут получать юридические лица и индивидуальные предприниматели. Согласно п.1 ст.78 БК РФ субсидии представляются:

- на финансовое обеспечение (возмещение) затрат связи с производством (реализацией) товаров (выполнением работ, оказанием услуг);
- на возмещение недополученных доходов.
- В свою очередь, субсидии на обеспечение (возмещение) затрат могут быть получены:
- до момента приобретения товаров, работ, услуг — на осуществление предстоящих затрат;
- после приобретения товаров, работ, услуг — на возмещение уже понесенных затрат.

Рассмотрим варианты налогообложения НДС.

Субсидия на возмещение предстоящих затрат

По общему правилу налоговая база по НДС увеличивается на суммы, связанные с оплатой реализованных товаров (работ, услуг) (пп. 2 п. 1 ст. 162 НК РФ).

Поэтому, если субсидии получены налогоплательщиком из бюджетной системы РФ на возмещение затрат на приобретение товаров (работ, услуг), они не облагаются НДС, так как не связаны с оплатой реализуемых налогоплательщиком товаров, работ или услуг.

При получении субсидии по товарам (работам, услугам) оформляются документы, в которых прописываются условия ее использования: бюджетными средствами может быть оплачена стоимость с учетом или без учета НДС. В зависимости от этого решается вопрос о том, можно ли принять «входной» налог к вычету.

Если среди условий о предоставлении субсидии есть оговорка о том, что затраты на приобретение товаров (работ, услуг) финансируются с учетом налога, предъявленного поставщиками, суммы НДС по товарам (работам, услугам), которые будут оплачены за счет такой субсидии, к вычету не принимаются (п. 2.1 ст. 170 НК РФ) [5].

Если условия предоставления субсидии содержат информацию, что субсидия не включает в себя сумму НДС, то «входной» НДС можно принять к вычету, если налогоплательщик за счет этих субсидий приобретает товары (работы, услуги).

Субсидия на возмещение понесенных затрат

Сумма такой субсидии не облагается НДС, так как и она не связана с оплатой реализуемых налогоплательщиком товаров (работ, услуг).

Решение вопроса о возможности вычета НДС зависит от того, заложена в субсидию сумма НДС или нет. В первом случае НДС, который был принят к вычету по приобретенным товарам работам, услугам), необходимо восстановить (пп. 6 п. 3 ст. 170 НК РФ) [5]. При отсутствии НДС в составе субсидии - НДС принимается к вычету.

Субсидия на возмещение недополученных доходов

Данный вид субсидий предназначен для компенсации недополученных доходов в связи с производством и (или) реализацией товаров (работ, услуг), поэтому облагается НДС (пп. 2 п. 1 ст. 162 НК РФ) [5]. При этом суммы НДС по приобретенным товарам (работам, услугам), в том числе основным средствам, нематериальным активами, имущественным правам, приобретенным налогоплательщиком за счет указанных субсидий, подлежат вычету (ст. 171 и 172 НК РФ) [5].

Однако эту норму необходимо применять с учетом следующих особенностей. Не включаются в налоговую базу 1). субсидии, предоставленные в связи с реализацией по государственным регулируемым ценам или ценам с учетом предоставляемых по законодательству льгот (включая скидки на цену без НДС) для отдельных потребителей; 2). субсидии на компенсацию недополученных доходов по операциям реализации, которые не облагаются или освобождены от НДС.

Обобщим данные проведенного анализа в таблице 4.

Таблица 4

Особенности обложения субсидий НДС и возмещения «входного» НДС

Вид субсидии	Налоговое законодательство/ подзаконные акты	Обложение субсидии НДС	Вычет «входного» НДС по товарам (работам, услугам, имущественным правам)
1. На финансовое обеспечение (возмещение) затрат связи с производством (реализацией) товаров (выполнением работ, оказанием услуг)			
На финансовое обеспечение предстоящих затрат, связанных с оплатой приобретаемых товаров (работ, услуг), в том числе — на приобретение основных средств, нематериальных активов	пп.2 п.1 ст. 162 НК РФ, п. 2.1 ст. 170, ст.171, ст.172 НК РФ/ Письма Минфина России от 15.03.2024 № 03-07-11/23279, от 09.08.2023 N 02-12-13/74630, ФНС России от 18.07.2022 N СД-4-3/9165, от 16.02.2021 N СД-4-3/1915@	Не включаются в налоговую базу	если в субсидию не заложен НДС- вычет производится в общем порядке; если субсидия выдана с НДС - вычет не производится по приобретениям, оплаченным за счет субсидии
На возмещение понесенных затрат	пп.2 п.1 ст. 162 НК, пп.6 п.3 ст. 170, ст.171, ст.172 НК РФ / Письма Минфина России от 15.03.2024 № 03-07-11/23279, от 09.08.2023 N 02-12-13/74630, ФНС России от 18.07.2022 N СД-4-3/9165, от 16.02.2021 N СД-4-3/1915@	Не включаются в налоговую базу	если в субсидию не заложен НДС- вычет производится в общем порядке; - если субсидия выдана с НДС – необходимо восстановить НДС, ранее принятый к вычету

2. На возмещение недополученных доходов			
На возмещение недополученных доходов в связи с производством и/или реализацией товаров, работ, услуг, облагаемых НДС (кроме реализации по государственным регулируемым или ценам с учетом льгот)	пп. 2 п. 1 ст. 162 НК РФ, ст.171, ст.172 НК /, письма Минфина России от 09.08.2023 № 02-12-13/74630, от 15.03.2024 № 03-07-11/23279	Включается в налоговую базу	«входной» НДС подлежит вычету в общем порядке
На возмещение недополученных доходов при реализации: -по государственным регулируемым ценам; -по ценам с учетом льгот (включая скидки на цену без учета НДС)	п.2 ст.154 НК РФ, ст.171,172 НК РФ /Письмо ФНС России от 29.12.2022 N СД-19-3/316, письмо Минфина России от 09.08.2023 № 02-12-13/74630	Не включается в налоговую базу	«входной» НДС подлежит вычету в общем порядке

В 2024–2025 гг. субсидирование скоростных социально-значимых пассажирских линий осуществляется в порядке возмещения понесенных затрат без учета НДС, а это значит, что судоходная компания- получатель субсидии принимает «входной» НДС к вычету.

Выводы

Таким образом, налогообложение субсидии на финансовое обеспечение (возмещение) затрат в связи с осуществлением скоростных пассажирских перевозок зависит от условий финансирования: с учетом НДС или без НДС. В зависимости от этого решается вопрос о том, можно ли принять «входной» налог к вычету: если НДС в субсидию не заложен, «входной» НДС можно принять к вычету; вычет невозможен, если НДС включен в субсидию. Однако в некоторых ситуациях вычет НДС возможен, даже если НДС включен в субсидию, но только частично: в случаях, когда расходы на приобретение лишь частично оплачены за счет субсидии (НДС принимается к вычету в доле, оплаченной собственными средствами). Если получатель субсидии с НДС на финансовое возмещение затрат до получения субсидии произвёл вычет НДС, то такой налог необходимо восстановить.

Проблемными и требующими скорейшего разрешения для судоходных компаний, осуществляющих скоростные пассажирские перевозки, остаются вопросы налогообложения НДС стоимости реализуемых услуг: дополнительно к цене реализуемых услуг (транспортному тарифу) судоходные компании обязаны предъявить к оплате покупателю соответствующую сумму НДС, исчисленную по ставке налога в размере 20 %. Это приводит к значительному удорожанию услуги, что является одной из причин необходимости субсидирования скоростных речных перевозок.

Считаем, что среди мер поддержки должны быть налоговые преференции: введение льготы для скоростного пассажирского флота. Предлагается внести в статью 164 Налогового Кодекса РФ изменения в части установления нулевой ставки для речных пассажирских перевозок на скоростных судах. Это обеспечит

сбалансированный социальный тариф и поспособствует сокращению господдержки, придаст дополнительный импульс развитию скоростных речных перевозок.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 N 3363-р (ред. от 06.11.2024) «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года».
2. Сведения о региональных и межрегиональных перевозках грузов и пассажиров внутренним водным транспортом Форма 11-ВТ [Электронный ресурс]. —режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/35049#>
3. Коршунов Д.А. Перспективы развития скоростных пассажирских перевозок в рамках масштабирования проекта «Речные магистрали»/ Д.А. Коршунов, Д.В. Дрейбанд // Научные проблемы водного транспорта. 2025. №82 (1). С. 170-181.
4. Постановление Правительства РФ от 25.10.2023 N 1780 (ред. от 11.11.2024) «Об утверждении Правил предоставления из бюджетов бюджетной системы Российской Федерации субсидий, в том числе грантов в форме субсидий, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, а также физическим лицам - производителям товаров, работ, услуг».
5. Налоговый кодекс РФ глава 21 «Налог на добавленную стоимость» Электронный ресурс Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/5ecc45b5e2f637ffe0599160528cec70be3f1e60/
6. Форма налоговой отчетности 1- НОМ «Начисление и поступление налогов, сборов и страховых взносов в бюджетную систему РФ по основным видам экономической деятельности» [Электронный ресурс]. —режим доступа: https://www.nalog.gov.ru/m77/related_activities/statistics_and_analytic_s/forms/14975171/
7. Крайнова В.В. Особенности налогообложения в судоходном бизнесе //В сборнике: Великие реки - 2020. Труды 22-го международного научно-промышленного форума. 2020. С. 159.
8. Крайнова В.В. Оценка эффективности налогового контроля в сфере водного транспорта: теория и практика//Научные проблемы водного транспорта. 2023. № 77. С. 158-166.
9. Лаврентьева Е.А. Отраслевое регулирование косвенного налогообложения деятельности водного транспорта/Е.А. Лаврентьева, Г.А. Плавинская//Транспортное дело России. 2020. № 2. С. 3-7.
10. Лаврентьева Е.А. Методологические подходы к сущности отраслевых налоговых льгот//Мир транспорта. 2016. N 2. С. 6-15.
11. Антонов Д. Г. Отсутствие системности норм бюджетного законодательства, регулирующих предоставление субсидий и бюджетных инвестиций: налоговые последствия // Финансовое право. 2019. N 1. С. 35–40.
12. Казачкова З.М., Казачков В.А. Налоговое стимулирование развития национальной инновационной системы: тенденции, решения, перспективы в сравнительно-правовой плоскости // Налоги. 2021. N 4. С. 23 - 26.
13. Кустова М. В. Субсидирование производителей: проблемы правовой регламентации в контексте экономической неоднородности Вестник СПбГУ. Право. 2023. Т. 14. Вып. 3. С. 580–594.

References

1. Order of the Government of the Russian Federation of November 27, 2021 N 3363-r (as amended on November 6, 2024) «On the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period until 2035».
2. Information on regional and interregional transportation of goods and passengers by inland water transport Form 11-VT [Electronic resource]. — access mode: <https://www.fedstat.ru/indicator/35049#>
3. Korshunov D.A. Prospects for the development of high-speed passenger transportation within the framework of scaling the River Highways project / D.A. Korshunov, D.V. Dreiband // Scientific problems of water transport. 2025. No. 82 (1). P. 170-181.
4. RF Government Resolution No. 1780 of 25.10.2023 (as amended on 11.11.2024) «On Approval of the Rules for Providing Subsidies from the Budgets of the Budgetary

- System of the Russian Federation, Including Grants in the Form of Subsidies, to Legal Entities, Individual Entrepreneurs, and Individuals - Producers of Goods, Works, and Services».
5. Chapter 21 of the Tax Code of the Russian Federation «Value Added Tax» Electronic resource Access mode: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/5eec45b5e2f637ffe0599160528cec70be3f1e60/
 6. Tax reporting form 1- NOM «Accrual and receipt of taxes, fees and insurance premiums to the budgetary system of the Russian Federation for the main types of economic activity» [Electronic resource]. —access mode: https://www.nalog.gov.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytic/s/forms/14975171/
 7. Kraynova V.V. Features of taxation in the shipping business // In the collection: Great Rivers - 2020. Proceedings of the 22nd International Scientific and Industrial Forum. 2020. P. 159.
 8. Kraynova V.V. Assessment of the effectiveness of tax control in the field of water transport: theory and practice // Scientific problems of water transport. 2023. No. 77. P. 158-166.
 9. Lavrenteva E.A. Industry regulation of indirect taxation of water transport activities / E.A. Lavrenteva, G.A. Plavinskaya // Transport business of Russia. 2020. No. 2. P. 3-7.
 10. Lavrenteva E. A. Methodological approaches to the essence of industry tax incentives//World of Transport. 2016.N 2. Pp. 6-15.
 11. Antonov D. G. Lack of consistency of budget legislation norms regulating the provision of subsidies and budget investments: tax consequences // Financial Law. 2019. N 1. Pp. 35-40.
 12. Kazachkova Z. M., Kazachkov V. A. Tax incentives for the development of the national innovation system: trends, solutions, prospects in the comparative legal plane // Taxes. 2021. N 4. Pp. 23 - 26.
 13. Kustova M. V. Subsidizing producers: problems of legal regulation in the context of economic heterogeneity Bulletin of St. Petersburg State University. Law. 2023. Vol. 14. Issue. 3. Pp. 580-594.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Крайнова Вера Владимировна, кандидат экономических наук., доцент, проректор по образовательной деятельности, доцент кафедры бухгалтерского учета, анализа и финансов Волжский государственный университет водного транспорта», 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: krainova.vv@vsuwt.ru

Vera V. Krainova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Educational Affairs, Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5 Nesterova str., Nizhny Novgorod, 603950, e-mail: krainova.vv@vsuwt.ru

Статья поступила в редакцию 03.09.2025; принята к публикации 24.10.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 03.09.2025; published online 20.12.2025.

УДК 338

DOI: 10.37890/jwt.vi85.649

Демографический кризис в России и его влияние на экономическую безопасность

И.Ю. Кудрявцева

ORCID: 0000-0002-8178-4032

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Конкурентоспособность страны определяется экономическими и социальными факторами, которые позволяют усилить позиции государства в мировой экономике. Существенное влияние на конкурентоспособность государства оказывает человеческий капитал, который определяет не только объемы производства и потребления, но и оказывает влияние на развитие научно-технологического прогресса и реализацию инновационных проектов. На развитие человеческого капитала воздействует целый комплекс факторов: экономические, социальные, производственные, экологические, институциональные и демографические. Все перечисленные факторы являются источниками угроз для экономической безопасности каждого экономического субъекта и страны в целом. Особое внимание следует обратить на демографические факторы, которые затрагивают все функциональные направления экономической безопасности, и оказывают на нее значительное влияние. В статье проанализирована современная демографическая обстановка в стране, рассмотрены основные демографические проблемы, которые выступают источниками угроз для системы экономической безопасности, и обозначены основные направления улучшения демографической ситуации.

Ключевые слова: демографический кризис, демографические угрозы, миграция, проблемы демографии, рождаемость, смертность, экономическая безопасность, угрозы экономической безопасности

Demographic crisis in Russia and its impact on economic security

Irina Y. Kudryavtseva

ORCID: 0000-0002-8178-4032

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. A country's competitiveness is determined by economic and social factors that strengthen the state's position in the global economy. Human capital has a significant impact on the competitiveness of the state, as it determines not only the volume of production and consumption, but also influences the development of scientific and technological progress and the implementation of innovative projects. The development of human capital is affected by a whole range of factors: economic, social, industrial, environmental, institutional and demographic. All of these factors are sources of threats to the economic security of every economic entity and the country as a whole. Particular attention should be paid to demographic factors which affect all functional areas of economic security and have a significant impact on it. The article analyzes the current demographic situation in the country, examines the main demographic problems that pose threats to the economic security system, and outlines the main directions for improving the demographic situation.

Keywords: demographic crisis, demographic threats, migration, demographic problems, fertility, mortality, economic security, threats to economic security

Введение

В «Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 г.» перечислены основные вызовы и угрозы экономической безопасности, в составе которых в отдельную группу выделяют «недостаточность трудовых ресурсов». Основными причинами дефицита кадров выступает: демографический спад, нарушение баланса между спросом и предложением на рынке труда, несоответствие системы образования потребностям рынка, миграционные процессы. По нашему мнению, основополагающее значение в списке факторов занимает демографическая составляющая.

Сравнительный анализ рождаемости, смертности, естественного прироста показал, что в период с 2003 по 2014 годы наблюдался рост рождаемости (за исключением 2005 и 2013 гг., (темп снижения составил 3% и чуть менее 1% соответственно). (рис.1)

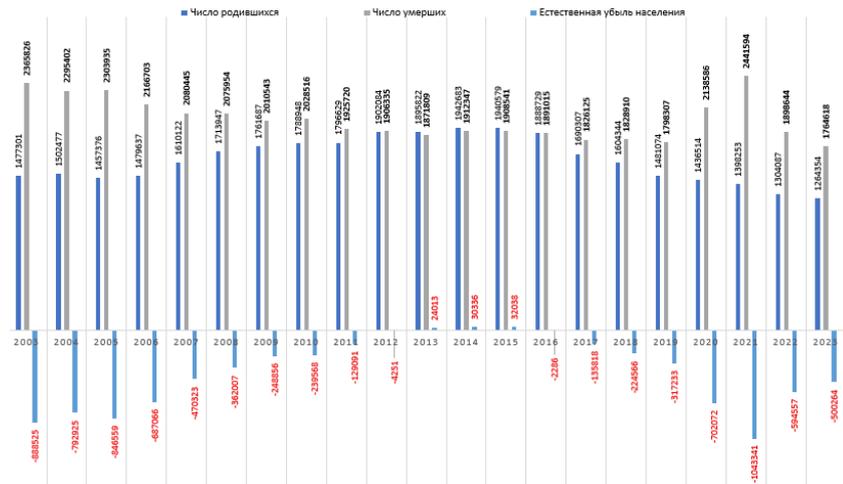


Рис. 1. Рождаемость, смертность, естественный прирост населения в России за 2003-2023 гг., (человек) ⁴

Рост рождаемости начиная с 2007 года обусловлен введением мер поддержки семей с детьми: переход от выплаты ежемесячного пособия по уходу за ребенком в возрасте 1,5 лет в твердой сумме, к расчетному, зависящему от среднего заработка; введением родовых сертификатов с целью улучшения качества оказываемой медицинской помощи, и как следствие снижение материнской и младенческой смертности; введение материнского капитала за рождение 2-го и последующих детей. Показатели смертности в анализируемом периоде оставались относительно стабильны и изменялись не значительно. Исключение составляет 2020 и 2021 годы. Рост смертности в этот период вызван не только коронавирусной инфекцией и ее осложнениями, а также несвоевременным оказанием помощи больным с другими заболеваниями. В период с 2003 по 2012 гг. смертность превышает рождаемость, максимальная естественная убыль за это время наблюдается в 2003 г. и составляет 888525 чел., далее намечается положительная тенденция снижения смертности и с 2013 по 2015 гг. ситуация изменилась в противоположную сторону, естественный прирост достиг максимального

³ Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208//Президент России – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921/page/1>

⁴ Составлено автором на материалах Рождаемость, смертность и естественный прирост населения//Федеральная служба государственной статистики – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/demo21_2023.xlsx

значения в 2015 году (32038 чел.). Начиная с 2016 года по настоящее время наблюдается ухудшение демографической ситуации. На фоне устойчивого снижения рождаемости и повышения числа умерших, естественная убыль населения прогрессирует, достигнув пикового значения в 2021 году (смертность превышает рождаемость почти в 2 раза). Значительных колебаний в составе структуры населения не происходило, но наметилась четкая тенденция к сокращению доли населения в трудоспособном возрасте и увеличению доли населения старше трудоспособного возраста, что свидетельствует о старении населения. (рис.2)



Рис. 2. Структура населения по возрастным группам за 2013-2023 гг., (%) ⁵

По прогнозным данным негативные изменения численности населения будут только усугубляться. Ожидается сокращение численности населения к 2046 году до 138,8 млн. чел. (рис.3)



Рис.3. Численность населения Российской Федерации (млн. чел.) ⁶

Развитие демографической ситуации по данному направлению «помимо демографических потерь, неблагоприятно скажется на основных показателях социально-экономического развития страны, прежде всего на темпе роста валового внутреннего продукта и обеспеченности трудовыми ресурсами, потребует структурных и качественных изменений в системе оказания медицинской и социальной помощи с учетом увеличения доли граждан старшего возраста.» [1], что в свою очередь окажет влияние на экономическую безопасность государства.

⁵ Составлено автором на материалах Распределение населения по возрастным группам//Федеральная служба государственной статистики – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/demo14.xlsx>

⁶ Составлено автором на материалах Численность населения и Демографический прогноз //Федеральная служба государственной статистики - URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>

Методы

Основными инструментами проведенного исследования являются методы статистического и сравнительного анализа, а также методы наглядного представления данных. Информационной базой послужили: нормативно-правовые акты в области регулирования демографии и экономической безопасности; официальные статистические данные Федеральной службы государственной статистики, Следственного комитета РФ Министерства внутренних дел РФ; работы отечественных ученых.

Результаты

Демографические проблемы воздействуют на все сферы жизни общества, в следствие чего рост численности населения, повышение уровня и качества его жизни является фундаментом социально-экономического развития государства и обеспечения его экономической безопасности. Поэтому изучение влияния проблем демографии на экономическую безопасность страны приобретают особую актуальность.

Исследования показали, одной из ключевых проблем демографии является депопуляция, под которой понимают «уменьшение количества населения в пределах определенной страны, связанного с превышением смертности над рождаемостью». [2]

В качестве основных причин снижения рождаемости мы можем назвать следующие:

1. Снижение количества потенциальных родителей. В настоящее время становятся родителями самое малочисленное поколение, рожденное в период 90-х годов.

2. Культурная трансформация. Жизненные ценности современного молодого поколения существенно отличаются от жизненных установок их родителей. До недавнего времени вступление в брак, продолжение своего рода имело первостепенное значение. Сегодня для молодежи приоритетными являются ценности социального престижа, материального благополучия, самореализации, карьерного роста, что в свою очередь приводит к отложенному деторождению, малодетности или бездетности.

По данным Росстата «средний возраст женщины при рождении первенца сейчас составляет 26,2 лет, второго ребенка – 29,7 лет, а третьего 32 года. С 1995 года возраст матерей вырос на 3,5 года при рождении первенца, на 2,8 лет – второго, и на 2,1 года – третьего ребенка».⁷ Согласно переписи населения, проведенной в 2020 году на долю семей с одним ребенком, приходится 55%, с двумя детьми – 33%, и только 12% на семьи с тремя и более детьми.⁸ По данным Министерства труда и социальной защиты зарегистрирован рост количества многодетных семей «с 2,4 млн. до 2,65 млн. за период с января 2024 года по январь 2025 года».⁹ Но данные показатели находятся еще на значительно низком уровне и для кардинального улучшения демографической ситуации недостаточны.

3. Низкий уровень жизни. По данным исследований, проведенных социологической группой Russian Field «более 62% респондентов назвали бедность и финансовые проблемы основными препятствиями для планирования детей».¹⁰ Семьи с детьми наиболее подвержены бедности, так

⁷ Агеева О. Антирекорд с 1990-х: почему в 2023 году в России родилось минимальное число детей// Forbes – URL: <https://www.forbes.ru/finansy/506569-antirekord-s-1990-h-pocemu-v-2023-godu-v-rossii-rodilos-minimal-noe-cislo-detej>

⁸ П. Аптекарь Материальное положение домохозяйств с детьми улучшилось//HSEdaily – URL: <https://daily.hse.ru/post/materialnoe-polozhenie-domochozyaistv-s-detmi-ulucsilos>

⁹ Многодетные семьи в России //TADVISER – URL: Многодетные семьи в России

¹⁰ Костарнова Н., Лапшин М. Потомство откладывают на потом// Коммерсантъ - URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7146467>

«в 80% малоимущих домохозяйств в России воспитываются дети, из них в 56,8% случаев – два и более ребенка».11

4. Снижение значимости традиционного института брака среди молодого поколения. Проведенные статистические исследования показали «доля респондентов, не имеющих детей, среди состоящих в первом зарегистрированном браке три и более года составляет у женщин – 5,7%, а у мужчин – 5,5%. Что касается респондентов, не имеющих детей и состоящих в первом незарегистрированном браке, то доля таких гораздо выше: 23,3% у женщин и 40% у мужчин».12 Таким образом, для повышения рождаемости официальный брак предпочтительнее. В настоящее время, изменение морально-нравственных ценностей привело к тому, что сожителство больше не осуждается обществом. В связи с чем количество официально зарегистрированных браков снижается. Для большинства молодежи официальный брак ассоциируется с обязательствами, которые ограничивают их свободу и не способствуют достижению поставленных целей.

Снижение рождаемости приводит в первую очередь к сокращению численности трудоспособного населения. Сегодня основной характеристикой рынка труда является дефицит кадров. По данным института развития предпринимательства и экономики «более 90% российских компаний столкнулись с проблемой кадрового голода. На начало 2025 года дефицит кадров составляет более 1,5 млн. чел. Трудовые ресурсы «оказывают влияние на возникновение реальных угроз в каждом структурном элементе экономической безопасности, занимая при этом доминирующую позицию». [3]

Среди основных угроз кадровой составляющей экономической безопасности можно выделить следующие:

1. Угроза истощения человеческих ресурсов. Дефицит кадров провоцирует снижение количества претендентов на открытые вакансии работодателями. Неудовлетворенность условиями труда (режимом работы, заработной платой и др.) приводит к массовым увольнениям и оттоку кадров на другие предприятия, в другие регионы с более развитой инфраструктурой и более привлекательными условиями жизни, «что создает перекосы в распределении населения». [4]

2. Угроза мотивации наемных работников связана со снижением морально-этических норм поведения персонала, уровня трудовой ответственности сотрудников и их профессиональной компетентности, «что может спровоцировать тенденции развития теневого сектора экономики, и как следствие, ведет к недополученным налоговым поступлениям, падению качества продукта в структуре национальной экономики и дестабилизации общественного сознания относительно уровня жизни». [5]

3. Угроза снижения качества трудовых ресурсов. Этот вид угроз может проявляться в двух разных формах. С одной стороны из-за дефицита кадров, открытые вакансии могут закрываться менее квалифицированными работниками, что оказывает негативное влияние на производительность и инновационный потенциал государства; создаются барьеры для реализации крупных экономических проектов, увеличивается нагрузка на действующих сотрудников, в результате чего происходит «выгорание» и снижается

¹¹ Агеева О. Антирекорд с 1990-х: почему в 2023 году в России родилось минимальное число детей// Forbes – URL: <https://www.forbes.ru/finansy/506569-antirekord-s-1990-h-pocemu-v-2023-godu-v-rossii-rodilos-minimal-noe-cislo-detej>

¹² К. Щепков Рост количества официальных браков влияет на повышение рождаемости//CENTROpress – URL: <https://centro.press/news/zhizn/rost-kolichestva-ofitsialnyh-brakov-vliyaet-na-povyshenie-rozhdaemosti/>

качество выполненной работы. С другой стороны, в условиях сокращения численности молодого поколения, в учебных заведениях упрощаются требования к уровню подготовки абитуриентов, что в целом снижает качество образования, квалификацию выпускников, и оказывает негативное влияние на их конкурентоспособность на рынке труда.

Еще одним фактором, оказывающим существенное воздействие на экономическую безопасность страны, выступают показатели смертности населения. С одной стороны, смертность, увеличивающаяся из-за старения населения естественный процесс. С другой стороны, смертность среди лиц трудоспособного и моложе трудоспособного возраста выступает одной из основных угроз снижения трудовых ресурсов в текущий момент времени и на перспективу. Так, «преждевременно умершие мужчины и женщины не оставляют за собой детей или их число меньше, чем могло бы быть» [6], снижается трудовой потенциал страны. Государство несет затраты на рождаемость, образование, сохранение здоровья населения, рассчитывая в будущем на экономический вклад граждан: формирование потребительского спроса; налоговые поступления в бюджет; инновационную активность и др. В связи с ранней смертностью, затраты государства не возвращаются, или возвращаются частично.

Следующей причиной, генерирующей угрозы экономической безопасности является старение населения, которое создает дополнительную нагрузку на экономику. Соотношение между трудоспособным населением и лицами старше трудоспособного возраста составляет примерно 2:1, что свидетельствует о том, что на одного пенсионера приходится 2 человека в трудоспособном возрасте. (рис.4). Несмотря на относительную стабильность этих показателей в анализируемом периоде, их прогнозные значения не так благоприятны. Ожидается ежегодное увеличение доли пожилого населения, и к 2046 году этот показатель в общей численности населения составит почти 30%. (табл. 1)

Демографическое старение бывает двух видов «старение снизу» подразумевает сокращение числа детей из-за снижения рождаемости, «старение сверху» же представляет собой рост числа пожилых людей, связанный с сокращением смертности в пожилом возрасте, и медленное увеличение числа детей». [2] Независимо от того какой вид старения преобладает, это приводит к сокращению численности трудовых ресурсов. Частично недостаток рабочей силы может быть покрыт за счет трудовой миграции. По данным официальной статистики за период с 2013 по 2023 гг., миграционный прирост демонстрировал положительные значения. (рис.5)



Рис. 4. Численность населения по возрастным группам (чел.)¹³



Рис. 5. Общие итоги миграции населения РФ за 2013-2023 гг. (чел.)¹⁴

¹³ Составлено автором

¹⁴ Составлено автором на материалах Общие итоги миграции населения Российской Федерации//Федеральная служба государственной статистики – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Itog_migr_1990-2023.xlsx

Таблица 1

Прогноз численности населения старше трудоспособного возраста¹⁵

Годы	Низкий вариант прогноза		Средний вариант прогноза		Высокий вариант прогноза	
	тыс. чел.	в процентах от общей численности	тыс. чел.	в процентах от общей численности	тыс. чел.	в процентах от общей численности
2026	33504,6	23,1	33567,3	23,1	33753,1	23,1
2030	32674,6	23,0	32932,7	23,0	33546,7	23,1
2034	33047,3	23,8	33636,0	23,7	35087,4	24,1
2038	33496,3	24,6	34560,4	24,6	37290,3	25,4
2042	34091,5	25,6	35687,6	25,6	40008,0	26,9
2046	35238,5	27,0	37314,9	26,9	43269,3	28,7

В 2019 году наблюдается аномальный миграционный прирост (увеличение в 2,2 раза), но связан он не с ростом количества прибывших мигрантов, а с более полным предоставлением информации, направляемой в Росстат органами МВД, в связи с введением формы федерального статистического наблюдения №1 – ПРИБ/ВЫБ.¹⁶ Значительное снижение миграционного прироста наблюдалось в 2018, 2020, 2022 годах. В 2018 году миграционный прирост составил 124854 чел., «что стало самым низким показателем с 2004 года».¹⁷ Снижение этого параметра на 41% вызвано перераспределением миграционных потоков в страны ЕС и другие государства, ростом уровня жизни в странах мигрантов, на фоне снижения уровня жизни в России. Снижение миграционного прироста в 2020 году почти на 63 % обусловлено введенными ограничениями, связанными с пандемией COVID-19. Политические и экономические санкции, которым подверглась Россия в следствие начала СВО на Украине привели к ухудшению экономического положения России, что сразу же вызвало снижение привлекательности нашей страны для мигрантов. Рекордное снижение миграционного прироста в 2022 году (на 85%) связано не только с изменением геополитической обстановки, но и с особенностями учета количества мигрантов в период пандемии. В 2021 году была автоматически продлена регистрация трудовым мигрантам, в связи с чем их выбытие не зафиксировали в 2021 году, а перенесли на 2022 год. Как следствие «миграционный прирост населения в 2021 г. оказался завышен примерно на 200 тыс. человек, в 2022 г. он на ту же величину занижен». [7] Рассмотрение численности прибывших и выбывших, и их структуры показало, что в России преобладает внутренняя миграция. (рис. 6,7)¹⁸ Наибольшую долю занимают лица, прибывшие из других регионов.

Доля прибывших из зарубежных стран показала тенденцию к увеличению, но в 2023 году произошло снижение этого показателя, что объясняется «усилением контроля за легальностью нахождения и работы иностранцев в России».¹⁹

¹⁵ Составлено автором на материалах Численность населения по отдельным возрастным группам//Федеральная служба государственной статистики – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Progn_3.xls

¹⁶ Демченко Н., Старостина Ю. Росстат объяснил аномальный рост притока мигрантов в начале 2019 года//РБК – URL: <https://www.rbc.ru/economics/23/07/2019/5d3713239a7947183a6a9198>

¹⁷ Фаляхов Р. Любовь прошла: мигранты охладели к России//Газета.ru – URL: <https://www.gazeta.ru/business/2019/04/15/12302665.shtml>

¹⁸ Составлено автором

¹⁹ Горячева В. В. России сократился приток мигрантов//LENTA.RU – URL: <https://lenta.ru/news/2023/10/02/migranty/>

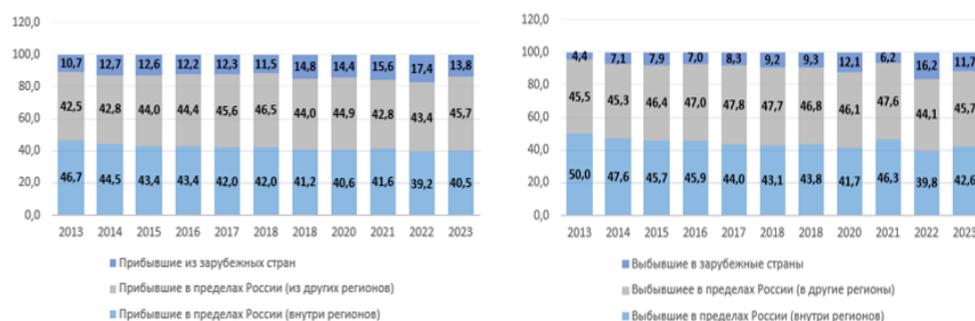


Рис. 6. Структура прибывших и выбывших за 2013-2023 гг., (%)

В составе выбывших преобладают лица, выбывшие в другие регионы, на втором месте лица, перемещающиеся внутри своего региона, и завершает этот список лица, покинувшие Россию. В анализируемом периоде наметилась тенденция к увеличению доли лиц, уехавших из России (рис.7). Этот показатель достиг максимума в 2022 году и составил 16,2%. В первом полугодии отток уехавших из страны за рубеж превышает данные за аналогичный период почти в 3 раза. Максимальный отток зарегистрирован «в Украину (79,6 тыс.), в Таджикистан (58,4 тыс.), Армению (49 тыс.), Киргизию (43,6 тыс.), Казахстан (40,7тыс.) и Узбекистан (38,6 тыс.). Среди стран дальнего зарубежья лидирует Китай (6,6 тыс.), затем следует Вьетнам (5,4 тыс.) и Индия (4,1 тыс.).»²⁰

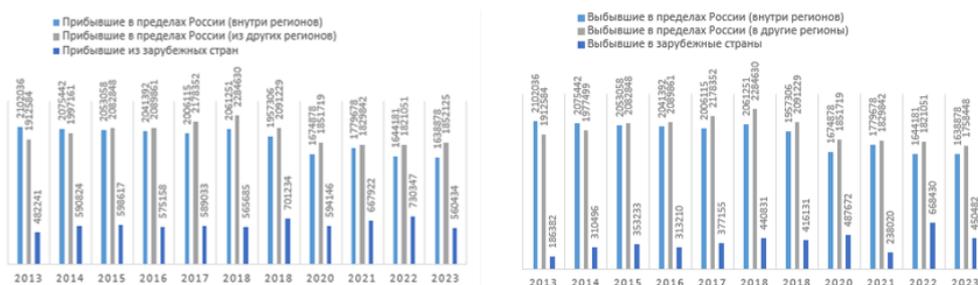


Рис. 7. Численность прибывших и выбывших в пределах России и из зарубежных стран за 2013-2023 гг., (человек)

С одной стороны, миграция является достаточно результативным инструментом перераспределения трудовых ресурсов, она «восполняет потребности в сезонных рабочих, закрывает вакансии, которые не пользуются спросом у местных жителей, где требуется низкая/средняя квалификация, покрывают существующий дефицит трудовых рук», с другой стороны, в условиях сложной геополитической, экономической обстановки трудовые мигранты, особенно прибывшие из стран ближнего зарубежья, являются источником угроз для дестабилизации экономической и политической безопасности страны[8].

В наибольшей степени подвержены внутренней миграции малые и средние города, сельская местность. Но даже в городах миллионниках, которые находятся в отстающих регионах (Адыгея, Алтайский край, Калмыкия, Карелия, Курганская и Псковская области, Марий Эл, республика Алтай, Тува, Чувашия), характеризующихся высоким уровнем бедности и безработицы, низкой инвестиционной привлекательностью, отток

²⁰ Из России с начала года выехали 419 тыс. человек // РБК- URL: <https://www.rbc.ru/economics/05/09/2022/631649a09a79476923ac3d6c>

населения достаточно высок. Самыми популярными направлениями внутренней миграции выступают

Москва и Московская область, Санкт – Петербург (для жителей Псковской, Новгородской,

Вологодской областей), Свердловская область (для жителей Челябинской и Курганской областей), Новосибирская область и Красноярский край, а также Хабаровский край.

Исследования показали, основными факторами, провоцирующими миграцию, являются «невысокий уровень и качество жизни, невозможность найти в своем городе работу по полученной в вузе или ссузе специальности, безработица, низкий уровень заработной платы, особенно у молодых специалистов, который зачастую не позволяет не только купить жилье в ипотеку, но и арендовать его» [9].

В результате миграции в наименее развитых регионах перечисленные выше проблемы усугубляются, создавая дополнительные угрозы экономической безопасности. Также следует отметить, что проблемы возникают и у регионов, принявших мигрантов. Перенасыщенность рынков труда приводят к безработице и снижению уровня доходов населения, увеличивается нагрузка на социальную сферу, сферу здравоохранения, образование, транспорт и др.

На протяжении анализируемого периода доля прибывших из стран СНГ является преобладающей и стабильно держится в районе 90%. Наибольшие миграционные потоки генерируют такие страны как Таджикистан (34,9%), Кыргызстан (11%), Украина (10,4%), Армения (10%), Казахстан (9,9%), Узбекистан (9.1%). (рис.8)²¹

Особую угрозу экономической безопасности представляет внешняя миграция, в частности нерегулируемый поток нелегальных мигрантов. По заявлению главы МВД Колокольцева В. А. «по состоянию на 1 октября 2024 г. в России находилось более 6,56 млн. граждан других государств, из них свыше 740 тыс. не имели законных оснований для пребывания. С начала года число указанных лиц возросло почти на 40%».²²



Рис.8. Структура прибывших в Российскую Федерацию, (%)²³

Нелегальные мигранты, прибывшие из стран ближнего зарубежья, в отличии от легальных «не владеют языком страны прибытия, не знают норм права, культурных традиций, не владеют социокультурными коммуникациями, принятыми в данной стране» [10], что усложняет их социально-экономическую интеграцию.

Мигранты оказывают значительное изменение на рынок труда, вследствие чего произошло вытеснение коренного населения из ряда сфер экономической деятельности

²¹ Составлено автором на материалах Международная миграция//Федеральная служба государственной статистики- URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Mejdunar_migr_1997-2023.xlsx

²² Глава МВД назвал число нелегальных мигрантов в России //РБК – URL: Глава МВД назвал число нелегальных мигрантов в России — РБК

²³ Составлено автором

«торговли, в т.ч. продуктами питания, строительство, ЖКХ, такси, сферы услуг, доставки. Началось вытеснение местных из аптек и муниципальных поликлиник».[11] Учитывая их низкую квалификацию это создает угрозы жизни и здоровью местного населения, приводит к снижению качества выпускаемой продукции, выполненных работ, оказанных услуг.

Мигранты и их семьи, в соответствии с Российским законодательством помимо оплаты труда, могут рассчитывать на меры социальной поддержки (пособия, пенсии), что увеличивает нагрузку на бюджет государства. Так мигранты, имеющие разрешение на временное проживание или вид на жительство имеют право на единовременное пособие при рождении ребенка, оплачиваемый отпуск по беременности и родам, единовременную выплату женщинам, если они встали на учет в медицинские учреждения на ранних сроках беременности, ежемесячное пособие по уходу за ребенком до полутора лет и др. Лицам имеющим ВНЖ положено пособие по безработице, в случае потери работы. Вместе с растущими расходами на содержание мигрантов, существует еще одна проблема – недополучение доходов в бюджет, в виде налогов, на фоне процветания нелегальной миграции. Согласно проведенным исследованиям аналитическим агентством «ФинЭкспертиза» сумма недополученных налогов составляла минимум 117 млрд. руб..²⁴

Нелегальные мигранты в большинстве своем характеризуются низкой социальной ответственностью, что способствует их криминализации. Как отметил председатель Следственного комитета РФ А.И. Бастрыкин «за 4 месяца 2024 г. мигрантами совершено 14070 преступлений. На 40% увеличилось число изнасилований, на 13% возросло количество тяжких деяний. Втрое увеличилось число преступлений лицами, незаконно находящимися на территории Российской Федерации. Несовершеннолетними мигрантами совершено на 70%, чем в аналогичном периоде прошлого года».²⁵

Нелегальная миграция способствует развитию теневого сектора экономики. Самая высокая доля скрытого производства в России приходится на такие сферы как: строительство, торговля, ЖКХ, сельское хозяйство.

Следует отметить, что в настоящее время увеличился поток мигрантов с радикальными и русофобскими взглядами. Уже сегодня в российских городах открываются незаконные мечети и молельные дома, под видом культурных центров для мусульман, в которых «распространяются экстремизм, русофобия и радикализм».²⁶ Исследования, проведенные Федеральным агентством по делам национальностей, показало, что 43,5% мигрантов не желают жить по законам РФ, а хотят жить по законам шариата, 24% респондентов готовы принимать участие в протестах по отстаиванию своих прав и 15,3% готовы участвовать в незаконных политических акциях.²⁷ В России формируются диаспоры мигрантов с чуждым менталитетом, которые «имея тесные коррупционные связи с правоохранительными органами, тесные связи с чиновниками высокого ранга, беспрепятственно продавливают интересы своих земляков, защищают их от ответственности за совершенные правонарушения и преступления». [11]

В условиях сложной геополитической обстановки в России увеличилось число совершенных террористических актов выходцами из стран ближнего зарубежья. Так.

²⁴ Русские пенсии для мигрантов: Зачем Россия кормит армию приезжих//Царьград – URL: https://tsargrad.tv/investigations/russkie-pensii-dlja-migrantov-zachem-rossija-kormit-armiju-priezzih_828714

²⁵ Председатель СК России провел оперативное совещание по вопросам противодействия преступности в сфере миграции// Следственный комитет РФ – URL:- <https://sledcom.ru/news/item/1889402>

²⁶ В СПЧ назвали незаконные молельные дома мусульман угрозой стабильности России// LENTA.RU- URL: https://lenta.ru/news/2023/09/06/kabanov_mecheti/

²⁷ ФАДН: почти половина трудовых мигрантов не желают жить по законам страны//Столетие URL: https://www.stoletie.ru/lenta/fadn_pochti_polovina_trudovyh_migrantov_ne_zhelajut_zhit_po_zakonam_strany_473.htm

22 марта 2024 года произошел крупнейший по своему масштабу за последние 20 лет в России теракт в концертном зале «Крокус Сити Холл», в результате которого погибли более 141 человека, в том числе 6 человек детей и свыше 600 человек пострадали от ранений и пожара. Преступление совершено выходцами из Таджикистана. 17 декабря 2024 г. гражданин Узбекистана совершил террористический акт, в результате которого погиб генерал-лейтенант Игорь Кириллов и его помощник Илья Поликарпов В целом в 2024 г. зафиксирован рост преступлений террористического характера на 10% (с 231 до 253 преступлений).

Обсуждение

Проведенный анализ демографических процессов свидетельствует о том, что в России сегодня проявляются в полной мере все признаки демографического кризиса; снижение рождаемости, увеличение смертности, сокращение доли трудоспособного населения и увеличения численности лиц старше трудоспособного возраста. Исследование влияния демографической ситуации на экономическую безопасность показало, что колебания демографических процессов способствуют возникновению и усилению следующих видов угроз, сформулированных в «Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 г.»: «слабая инновационная активность, отставание в области разработки и внедрения новых и перспективных технологий (в том числе технологий цифровой экономики), недостаточный уровень квалификации и ключевых компетенций отечественных специалистов; несбалансированность национальной бюджетной системы; недостаточно эффективное государственное управление; высокий уровень криминализации и коррупции в экономической сфере; сохранение значительной доли теневой экономики; усиление дифференциации населения по уровню доходов; снижение качества и доступности образования, медицинской помощи и, как следствие, снижение качества человеческого потенциала; усиление международной конкуренции за кадры высшей квалификации; недостаточность трудовых ресурсов; неравномерность пространственного развития Российской Федерации, усиление дифференциации регионов и муниципальных образований по уровню и темпам социально-экономического развития;».²⁸

Положительная и стабильная демографическая обстановка выступает условием для обеспечения экономической безопасности страны. Правительство по поручению Президента РФ В. В. Путина разрабатывает и внедряет меры, направленные на стабилизацию демографической ситуации. В 2007 году начала реализацию «Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года», направленная на «увеличение продолжительности жизни населения, сокращение уровня смертности, рост рождаемости, регулирование внутренней и внешней миграции, сохранение и укрепление здоровья населения и улучшения на этой основе демографической ситуации в стране» [1]. В этот период разработаны ряд мер, которые дали определенный результат в улучшении демографических показателей. К таким мерам мы можем отнести следующие: введен материнский капитал, в том числе и региональный, установлены ежемесячные выплаты малообеспеченным семьям при рождении третьего ребенка или последующих детей до достижения возраста трех лет; в рамках содействия занятости разработана программа профессионального обучения и дополнительного профессионального образования женщин в период отпуска по уходу за ребенком до достижения им возраста трех лет; для сохранения и укрепления здоровья вводится диспансеризация населения и др. В результате реализации концепции, удалось достичь определенных положительных результатов, но полностью реализовать ее цели не удалось, события 2020-2022 гг. внесли свои коррективы.

²⁸ Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208//Президент России – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921/page/1>

Пандемия Covid-19 нанесла серьезный удар сразу по двум основным демографическим показателям: рождаемость и смертность. Начало СВО на Украине стало одной из причин дефицита трудовых ресурсов, спровоцированного мобилизацией населения, оттоком высококвалифицированных специалистов зарубеж, а также оказало влияние на внутренние миграционные процессы «в условиях экономических трудностей, связанных с санкциями и изменениями в экономической политике, наблюдается отток населения из регионов, наиболее пострадавших от санкций, в более крупные города и регионы, имеющие более стабильную экономическую ситуацию».[4] Таким образом, на первый план у вынужденных мигрантов выходит не создание семей и деторождение, а трудоустройство и решение жилищных проблем.

Преимуществом по отношению к «Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года» становится «Стратегия действия по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности в Российской Федерации до 2036 года (утвержденная 15 марта 2025 г.). Ключевым аспектом стратегии выступает «содействие реализации в субъектах Российской Федерации семейно ориентированной демографической политики с учетом национальных и социокультурных особенностей».²⁹ Механизмом реализации данной стратегии выступает национальный проект «Семья», который включает в себя пять федеральных проектов: «Многодетная

семья», «Поддержка семьи», «Охрана материнства и детства», «Старшее поколение» «Семейные ценности и инфраструктура культуры». Эти национальные проекты направлены на: увеличение многодетных семей и укрепление семейных ценностей; помощь семьям в момент их становления; поддержку здоровья граждан, в том числе и репродуктивного; повышение качества жизни и благополучия лиц старшего поколения и создание условий для активного здорового долголетия.³⁰ На финансирование проекта «Семья» планируется потратить из средств Федерального бюджета 17,9 трлн. руб. Проект начал только реализовываться, но уже есть первые результаты: пособие на детей получают более 5 млн. человек; социальный контракт оформили 90 тыс. человек; материнским капиталом распорядились свыше 800 тыс. семей; 114 тыс. семей оформили семейную ипотеку; свыше 50 тыс. многодетных семей получили выплаты 450 тыс. руб. на покрытие ипотеки.³¹

В краткосрочной перспективе повышение рождаемости такие проблемы как старение населения, недостаток трудовых ресурсов не решат, поэтому внешняя миграция становится спасением в этой ситуации. В 2018 году была принята «Концепция государственной миграционной политики Российской Федерации на период до 2025 года». Основными целями данной концепции являются «а) обеспечение национальной безопасности Российской Федерации, максимальная защищенность, комфортность и благополучие населения Российской Федерации; б) стабилизация и увеличение численности постоянного населения Российской Федерации; в) содействие обеспечению потребности экономики Российской Федерации в рабочей силе, модернизации, инновационном развитии и повышении конкурентоспособности ее отраслей».³²

Следует отметить, в настоящее время реализуемые меры управления миграционными потоками не способствуют достижению выше указанных целей.

²⁹ Стратегия действия по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности в Российской Федерации до 2036 года (утв. Распоряжение Правительства РФ от 15.03.2025 г. № 615-п) – URL: <http://government.ru/docs/54573/f>

³⁰ Составлено автором на материалах Национальный проект семья //Правительство России- URL: <http://government.ru/rugovclassifier/915/about/>

³¹ Подведены первые итоги реализации национального проекта «Семья» - URL: <https://vc.ru/id4448120/2049986-itogi-realizatsii-natsproyekt-semya>

³² Концепция государственной миграционной политики Российской Федерации на период до 2025 года//КонтурНорматив – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=199875#h9>

Ситуация с иностранными мигрантами выходит из-под контроля, только 30% мигрантов находятся на территории страны легально. Точных цифр, сколько выходцев из стран ближнего зарубежья находится на нашей территории нелегально, предоставить никто не может.

По мнению ведущих экспертов в области миграции «ползучая экспансия переселенцев из стран Средней Азии, набирающая обороты, уже в самое ближайшее время может привести к социальной дестабилизации и дальнейшему уничтожению русского этноса и русской национальной культуры».³³ Нелегальные потоки мигрантов способствуют росту преступности, развитию теневой экономики и процветанию экстремизма и терроризма.

По поручению Президента РФ В.В. Путина в России уже в 2025 году должна быть принята новая концепция миграционной политики, основным направлением которой станет сокращение численности нелегальных мигрантов и применение современных средств миграционного контроля, а также «развитие механизмов поддержки иностранцев, которые разделяют российские традиционные ценности, хотят жить и работать в России, особенно если они имеют образование и «нужны нашей экономике»».³⁴

Для диагностики демографической обстановки и оценки ее влияния на уровень экономической безопасности необходимо использовать совокупность специальных показателей – индикаторов, изменение пороговых значений которых позволяет обозначить границы опасной и безопасной зон развития различных сфер экономики. (рис.9)

Необходимо отметить, что в России единый перечень индикаторов экономической безопасности и их пороговых значений законодательно не установлен. В связи с этим пороговые значения таких показателей могут определяться экспертным путем для каждого региона отдельно, с учетом его экономических особенностей.

Индикаторы	Пороговое значение
Уровень и дифференциация доходов населения	
Доля населения с доходами ниже величины прожиточного минимума в общей численности населения	6-7%
Отношение среднедушевого дохода к прожиточному минимуму	5-6 раз
Коэффициент дифференциации доходов	6-12 раз
Уровень общей безработицы	
	4-6%
Воспроизводство населения и устойчивость демографической сферы	
Коэффициент естественного прироста населения	0 ‰
Общий коэффициент рождаемости населения	10-13 ‰
Общий коэффициент смертности населения	10 ‰
Специальный коэффициент рождаемости	2,15-2,17 ‰
Показатели качества и условий жизни населения	
Ожидаемая продолжительность жизни	75 лет
Коэффициент младенческой смертности	5‰
Смертность населения от внешних причин	50 чел. на 100000 чел.
Степень доступности жилья	До 3 лет

Рис. 9. Основные социально-демографические индикаторы³⁵

Заключение

Улучшение демографической ситуации в ближайшие десятилетия становится приоритетным направлением деятельности государства. Для сохранения воспроизводства населения в каждой семье должно быть не менее двух детей, а с учетом современных прогнозов ухудшения демографических показателей, нормой в современном обществе должны стать семьи с тремя и более детьми. Нельзя не обратить

³³ Переживет ли Россия нашествие мигрантов//Совершенно секретно – URL: <https://www.sovsekretno.ru/articles/obshchestvo/perezhivet-li-rossiya-nashestvie-migrantov030423/>

³⁴ Путин поручил как можно быстрее принять новую концепцию миграционной политики//Коммерсантъ - URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7552607>

³⁵ Составлено автором на материалах Криворотов В. В. Пороговые значения индикативных показателей для диагностики экономической безопасности Российской Федерации на современном этапе / В. В. // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. — 2019. — Том 18. — № 6. — С. 892-910.

внимание на тот факт, что «значительное влияние на демографическую ситуацию в стране оказывают изменения в общественном сознании людей, связанные с менталитетом и культурой, психологией, системой передачи знаний, поведенческими приоритетами различных социальных групп населения».[12] В связи с этим правительство страны наряду с целями улучшения материального благосостояния граждан, ставит своей целью формирование у молодого поколения традиционных ценностей и укрепления института семьи.

Составной частью процесса выхода из демографического кризиса является определение целей миграционной политики. Следует принять тот факт, что ситуация на рынке труда сегодня складывается таким образом, что без активного привлечения труда мигрантов нам не обойтись, но не стоит забывать и о рисках, которые связаны с пребыванием иностранных рабочих на территории нашей страны. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы изучения соотношения пользы для государства, от использования труда иностранных рабочих и бюджетных затрат на пребывание в стране мигрантов и их многочисленных семей; учета их дестабилизирующего влияния на политическую ситуацию в стране и уровня криминогенности. В сложившейся ситуации одним из ключевых направлений миграционной политики должно стать снижение оттока высококвалифицированных кадров из страны, и разработка дополнительных мер (финансовых, социальных и др.), способствующих возвращению эмигрировавших соотечественников. Таким образом, выход из демографического кризиса это длительный, многоступенчатый процесс, требующий системного подхода и значительных финансовых вложений со стороны государства.

В заключение следует отметить, проблемы демографии оказывают прямое влияние на все сферы общества: экономическую, политическую, социальную и духовную, тем самым оказывая влияние и на экономическую безопасность. Сущность экономической безопасности отражается системой критериев и показателей, среди которых в особую группу следует выделить макроэкономические, определяющие уровень благосостояния государства: уровень и качество жизни населения; показатели экономического роста; показатели характеризующие природно-ресурсный, производственный, научно-технический потенциал страны; показатели, характеризующие динамичность и адаптивность хозяйственного механизма, а также его зависимость от внешних факторов; показатели характеризующие деятельность теневой экономики; показатели, характеризующие встроенность государства в мировую экономику.³⁶ Результаты проведенных исследований, дают основание утверждать, что вопросам влияния основных демографических индикаторов на макроэкономические показатели, характеризующие уровень экономической безопасности, в научной литературе не уделено достаточного внимания, также не сформирована единая критериальная база оценки пороговых значений этих показателей ни в научных публикациях, ни в нормативно-правовых документах, в связи с чем дальнейшая проработка и раскрытие этих вопросов становятся основой будущих исследований.

³⁶ Жилкина, Ю. В. Макроэкономические показатели экономической безопасности страны / Ю. В. Жилкина // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – Т. 6, № 10(67). – С. 65-72. – EDN LRIQCF.

Список литературы

1. Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года (утв. Указом Президента РФ от 09.10.2007 г. № 1351//Гарант - URL: https://base.garant.ru/191961/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/#block_1000 (дата обращения 08.05.2025)
2. Кучумов, А. В. Угрозы и риски демографической безопасности Российской Федерации / А. В. Кучумов, Е. В. Печерица // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2020. – № 4(54). – С. 116-122. – EDN OFSSPO.
3. Кудрявцева, И. Ю. Дефицит кадров как основная угроза кадровой безопасности на предприятиях водного транспорта / И. Ю. Кудрявцева // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. – № 81. – С. 152-165. – DOI 10.37890/jwt.vi81.541. – EDN TJJDTL.
4. Ананичева С.Р., Люгай Р.Э. Анализ демографической ситуации в Российской Федерации// Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ», 2025, Том16, № 1 с.199-204- URL: https://togudv.ru/media/ejournal/articles-2025/TGU_16_30.pdf (режим доступа 14.06.2025)
5. Бабичев, М. А. Методологический аспект кадровой безопасности организации / М. А. Бабичев // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 107-112. – DOI 10.24412/2225-8264-2023-2-107-112. – EDN LVALFO.
6. Форрестер, С. В. Демографические угрозы экономической безопасности региона (на примере Самарской области) / С. В. Форрестер // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15, № 5. – EDN WCSIXF.
7. Щербакова Е. Миграция в России, предварительные итоги 2022 года//Демоскоп Weekly № 983-984 11 апреля - 24 апреля 2023 – URL: <https://www.demoscope.ru/weekly/2023/0983/barom01.php> (дата обращения 17.06.2025)
8. Голова, Е. Е. Трудовая миграция в современных условиях: новые вызовы для рынка труда и перспективы / Е. Е. Голова // Экономика труда. – 2025. – Т. 12, № 5. – DOI 10.18334/et.12.5.123132
9. Леденева, М. В. Проблема оттока молодежи из регионов России в крупнейшие центры притяжения и пути ее решения / М. В. Леденева, Л. В. Шамрай-Курбатова, А. Н. Столярова // Креативная экономика. – 2023. – Т. 17, № 10. – С. 3613-3628. – DOI 18334/ce.17.10.119241. – EDN UUAVCT.
10. Пименов, Н. А. Нелегальная миграция как фактор угрозы дестабилизации общества / Н. А. Пименов // Российский экономический интернет-журнал. – 2021. – № 1. – EDN YDXRIG.
11. Пименов, Н. А. Угрозы нелегальной миграции / Н. А. Пименов // Российский экономический интернет-журнал. – 2024. – № 2. – EDN АОХАЛ.
12. Миронова В. Н. Влияние демографической политики на обеспечение экономической безопасности России. Экономика. Налоги. Право. 2019;12(2):31-39. DOI:10.26794/1999-849X-2019-12-2-31-39

References

1. The Concept of the Demographic Policy of the Russian Federation for the Period up to 2025 (approved by the Decree of the President of the Russian Federation dated 09.10.2007 No. 1351//Garant - URL: https://base.garant.ru/191961/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/#block_1000 (accessed 08.05.2025)
2. Kuchumov, A. V. Threats and Risks to the Demographic Security of the Russian Federation / A. V. Kuchumov, E. V. Pecheritsa // Technical and Technological Problems of Service. – 2020. – No. 4(54). – Pp. 116-122. – EDN OFSSPO.
3. Kudryavtseva, I. Y. Personnel shortage as the main threat to personnel safety at water transport enterprises / I. Y. Kudryavtseva // Scientific problems of water transport. – 2024. – No. 81. – pp. 152-165. – DOI 10.37890/jwt.vi81.541. – EDN TJJDTL.
4. Ananicheva S.R., Lyugai R.E. Analysis of the Demographic Situation in the Russian Federation// Electronic Scientific Publication «Scientific Notes of TOGU», 2025, Vol. 16, No. 1, pp. 199-204. URL: https://togudv.ru/media/ejournal/articles-2025/TGU_16_30.pdf (accessed 14.06.2025)

5. Babichev, M. A. Methodological aspect of personnel security of the organization / M. A. Babichev // Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technologies. – 2023. – Vol. 12, No. 2. – pp. 107-112. – DOI 10.24412/2225-8264-2023-2-107-112. – EDN LBALFO.
6. Forrester, S. V. Demographic threats to the economic security of the region (on the example of the Samara region) / S. V. Forrester // Bulletin of Eurasian Science. – 2023. – Vol. 15, No. 5. – EDN WCSIXF.
7. Shcherbakova E. Migration in Russia, preliminary results of 2022//Demoscope Weekly No. 983-984 April 11 - April 24, 2023 – URL: <https://www.demoscope.ru/weekly/2023/0983/barom01.php> (accessed 17.06.2025)
8. Golova, E. E. Labor Migration in Modern Conditions: New Challenges for the Labor Market and Prospects / E. E. Golova // Labor Economics. – 2025. – Vol. 12, No. 5. – DOI 10.18334/et.12.5.123132
9. Ledeneva, M. V. The Problem of Youth Outflow from Russia's Regions to Major Attraction Centers and Its Solutions / M. V. Ledeneva, L. V. Shamray-Kurbatova, and A. N. Stolyarova // Creative Economy. – 2023. – Vol. 17, No. 10. – Pp. 3613-3628. – DOI 10.18334/ce.17.10.119241. – EDN UUAUCT.
10. Pimenov, N. A. Illegal Migration as a Threat to the Destabilization of Society / N. A. Pimenov // Russian Economic Internet Journal. – 2021. – No. 1. – EDN YDXRIG.
11. Pimenov, N. A. Threats of illegal migration / N. A. Pimenov // Russian Economic Online Journal. – 2024. – No. 2. – EDN AOXAJI.
12. Mironova V. N. The Impact of Demographic Policy on Ensuring Russia's Economic Security. Economics. Taxes. Law. 2019;12(2):31-39. DOI: 10.26794/1999-849X-2019-12-2-31-39

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кудрявцева Ирина Юрьевна, старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и финансов, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, e-mail: irina_yurievna_kudryavtseva@mail.ru

Irina Y. Kudryavtseva, Senior Lecturer of the Department of Accounting, Analysis and Finance, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603950

Статья поступила в редакцию 23.06.2025; принята к публикации 01.08.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 23.06.2025; published online 20.12.2025.

УДК 656.072+338.48

DOI: 10.37890/jwt.vi85.659

Перспективы развития международного круизного туризма в условиях глобальных вызовов

А.С. Левизов

ORCID: 0000-0002-5329-7915

Р.Р. Измайлов

ORCID: 0009-0003-0582-3372

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
г. Владимир, Россия*

Аннотация: В статье систематизированы основные тенденции развития международного круизного туризма в настоящее время. Приведены данные по численности пассажиров круизных судов, объёме и структуре рынка в стоимостном выражении, динамике увеличения продаж. Отмечена возрастающая роль социальных сетей как драйвера развития круизного бизнеса. Обсуждается специфика востребованности круизного турпродукта среди представителей разных возрастных групп. Потенциал и перспективность круизного туризма авторы обосновывают возможностями его задействования в масштабных спортивных мероприятиях глобального уровня, а также удобством использования в путешествиях к новым туристским локациям. Авторами выделены также специфические ограничения, способные негативно повлиять на темпы роста международной круизной отрасли, среди которых высокие затраты и затруднённая конкуренция, а также сильная зависимость от уровня покупательской способности клиентов. Отмечены негативные последствия влияния на отрасль пандемии коронавирусной инфекции. Авторами сделан вывод о перспективности развития международного круизного бизнеса в рамках концепции устойчивого развития.

Ключевые слова: морские круизы, международный круизный туризм, рынок круизного туризма, круизные компании, круизные технологии, круизные лайнеры, круизные маршруты, безопасность туризма, глобальные вызовы, устойчивое развитие.

Prospects of international cruise tourism development under conditions of global challenges

Alexey S. Levizov

ORCID: 0000-0002-5329-7915

Rinat R. Izmailov

ORCID: 0009-0003-0582-3372

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia

Abstract: The article examines the main tendencies of international cruise tourism development at present. The data on cruise passenger numbers, market volume and structure (in cost expression), dynamics of sales are indicated. The growing role of social media as the driver of cruise business development is marked. The specificity of demand for cruise product among the representatives of different age groups is discussed. The potential and prospects of cruise tourism is justified by its possible usage in global sport competitions, and also by the convenience of its use in traveling to new tourist locations. The authors have also identified specific restrictions, capable to negatively affect the growth rates of international cruise branch, among which high costs and hampered competitiveness, and also strong dependence on a level of consumer ability. The negative consequences of the coronavirus pandemic influence on the branch are marked. Authors make a conclusion about the prospects of

international cruise business development within the framework of the concept of sustainable development.

Keywords: marine cruises, international cruise tourism, cruise tourism market, cruise companies, cruise technologies, cruise liners, cruise routes, safety of tourism, global challenges, sustainable development.

Введение

Феномен международного туризма как явления, продолжающегося меняться и совершенствоваться вопреки различным природным, макроэкономическим, геополитическим и иным катаклизмам, заслуженно достоин внимания исследователей. С давних времен люди путешествуют на водном транспорте, но для туристских поездок корабли стали использовать лишь в 1900 году, первые круизные компании уже стали оказывать услуги туристам круглогодично, позволяя путешествовать по Англии и США [1]. Круиз – это путешествие на судне, в которое входят береговые экскурсии, а также развлечения и досуг непосредственно на борту корабля. В круизный сектор по сути могут входить сразу несколько видов туризма: спортивный, медицинский, познавательный и другие. Преимущественную долю в международном круизном туризме занимают морские путешествия, однако существуют также речные и комбинированные туры, в рамках настоящей работы они объединены в один предмет исследования. Международная круизная перевозка (независимо от того, морское это или речное путешествие) предполагает факт пересечения круизным судном государственных границ.

Целью исследования явился обзор современных тенденций и перспектив развития международного круизного туризма. Авторами решались задачи по систематизации основных трендов в исследуемой сфере, выявлению ограничивающих факторов и потенциальных рисков. Научная новизна исследования состоит в систематизации в рамках представленного обзора основных перспектив развития международного круизного туризма, с учетом международной проблематики. Говоря о практической значимости работы, следует отметить, что ее результаты могут быть полезными в деятельности специалистов круизного бизнеса с точки зрения анализа рынка и планирования параметров формируемых туров.

Методы исследования

Ввиду обзорного характера настоящего исследования при его реализации авторами применялись общенаучные методы работы (анализ, синтез, аналогия, индукция, формализация, обобщение), а также базовые эмпирические методы описания, измерения и сравнения, графического представления данных и визуализации.

Результаты и обсуждения

В 2024 году в мире рынок международного круизного туризма составил примерно 5432,8 млн долларов США. Ученые считают, что если люди также будут пользоваться услугами туристских компаний в области круизного туризма, то к 2031 году продажи данных услуг могут составлять около 10 млн долларов США. Темп роста составит около 10% ежегодно до 2031 года [2].

В 2020 году мировой круизный бизнес испытал кризис, но уже зимой 2022 года более 69% круизных лайнеров возобновили работу. На рисунке 1 показано, что (по данным всемирной круизной ассоциации CLIA) более 34 миллионов пассажиров отправились в морские путешествия в 2024 году [3].

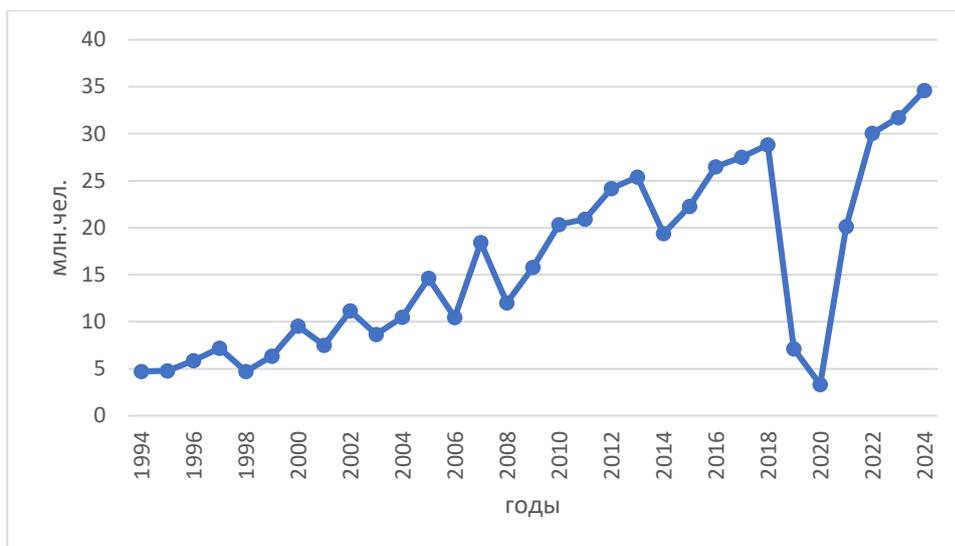


Рис. 1. Количество пассажиров, перевозимых по миру в рамках путешествий на круизных лайнерах

На рисунке 2 отражено, что в 2024 году наибольшая доля рынка международного круизного туризма у США – более 40%, продажи составили около 2 млрд. американских долларов, при годовом приросте почти на 10% [2]. Объем рынка Европы в области круизного туризма составил около 1500 млн долларов США, что является 30% долей от мирового. Также, как и у США, совокупный среднегодовой темп роста здесь около 10%. В том же году рынок круизного туризма азиатской части Океании составил около 20 %, объем продаж вырос на почти 13% по сравнению с прошлым годом и составил почти 1300 млн долларов США. [2]. Доля рынка Южной Америки в прошлом году составила около 5 % от общего международного показателя, объем продаж составил почти 300 млн долларов США. Страны Африки и Ближнего Востока составляют самую малую долю рынка международного круизного туризма 2%.

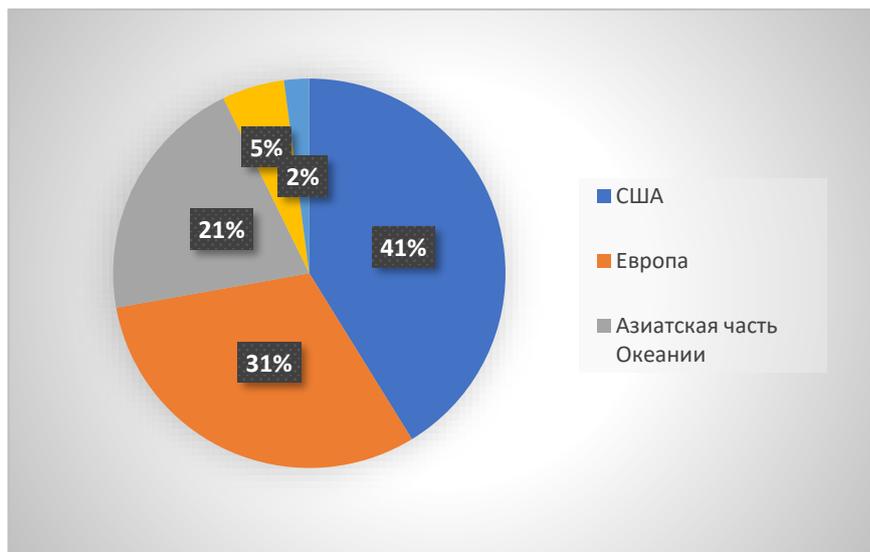


Рис. 2. Мировой объем рынка круизного туризма в 2024 году

Круизный туризм включает в себя ключевые составные части туристской индустрии, а именно: проживание, транспорт и питание. Одно из наиболее востребованных сейчас направлений — это морской круизный туризм. Также существуют речные и экспедиционные круизы. Преимуществом водных путешествий является то, что туристы могут посетить сразу несколько мест, купив только один билет на круизный лайнер. Компании представляют туристам обширный выбор круизных судов. В наше время создаются прекрасные круизные лайнеры (рис. 3), в которых есть все удобства, однако, для того чтобы соответствовать международным стандартам, необходимо использовать экологичные технологии, что требует немалых затрат.



Рис. 3. Круизный лайнер Astoria Grande у причала перед отплытием в рейс.
Сочи, май 2025 г. (фото авторов)

В настоящее время наблюдается феномен бурного развития так называемых социальных сетей. Почти каждый день люди размещают там личный контент, листают ленту новостей и ставят реакции. Существует огромное количество блогеров, которые делают отзывы на те или иные туристские услуги. При этом каждый человек в наше время может стать блогером. Социальные сети стимулируют развитие круизного туризма, профессиональные SMM-специалисты создают заманчивый фото и видеоконтент. На страницах социальных сетей можно увидеть посты об эксклюзивных круизах и экзотических местах. В то же время, сами туристские компании могут публиковать свои персональные предложения, а могут использовать для этой цели блогеров с большим количеством подписчиков. Таким образом, можно сказать, что социальные сети являются мощным драйвером развития международного круизного туризма.

Вместе с тем, круизный туризм подвержен специфическим ограничениям и рискам. Международный круизный туризм очень сильно зависит от погоды, поскольку такие метеорологические явления, как ураганы, циклоны и т.д. приводят к смене режима работы и другим сложностям. Из-за подобных сбоев приходится перестраивать планы, давать людям компенсации. Также в тяжелых погодных условиях возрастает риск таких серьезных последствий, как столкновение судов или посадка на мель.

Сегодня в сфере круизного туризма идет расширение и диверсификация сегментов рынка. На рынке туристских услуг постоянно появляются новые предложения: новые

порты захода и направления, становятся востребованными варианты тематического туризма (музыкальный, гастрономический и другие). Суда совершенствуются, становятся более удобными и комфортными, появляются новые технологические решения, такие как роботы-официанты, современные развлекательные системы и др.

Круизы привлекают людей разных поколений. Такие поездки являются уникальными, так как дают возможность отдыхающим за одно путешествие посетить сразу несколько мест. Компании, которые глубоко ориентированы на клиентов, адаптируются к рынку, внедряют современные технологии и экологичные функции. Чтобы помочь клиентам в возможности широкого выбора путешествий, туристические компании предлагают как короткие, так и продолжительные поездки.

Согласно данным Cognitive Market Research, наибольшую долю рынка занимают круизные поездки в рамках 7 дней на путешествие. По всей планете наблюдается рост именно в этом сегменте. Также немалым спросом пользуются поездки на 15-20 дней. В таких поездках более премиальные условия, более интересные маршруты для экскурсий и т.п. В такого рода путешествиях заинтересованы состоятельные люди [2].

По данным Cognitive Market Research, люди возраста 39-50 лет занимают самую большую долю среди потребителей круизного туризма [2]. Считается, что они хотят найти в данных путешествиях приключения, элементы роскоши и, конечно, отдых. Таким клиентам хочется отдохнуть от напряженного рабочего графика, ежедневной рутины и семейных забот. В данном возрасте люди находятся на пике своей состоятельности, поэтому они могут позволить себе более роскошные варианты услуг.

Немаловажным фактом является то, что туристы возраста 19-30 лет также заинтересованы в круизных путешествиях. Люди в этом возрасте зачастую ищут необычные виды туризма. Круизный туризм дает им возможность осуществить свои желания, поскольку в такого рода поездках можно посетить сразу несколько мест. Молодое поколение сильно подвержено влиянию социальных сетей, поэтому работа туристских компаний в данном аспекте является весьма перспективной.

На наш взгляд, потенциал и перспективность круизного туризма можно обосновать следующими его преимуществами:

1. Проведение спортивных мероприятий, таких как Олимпийские Игры, Чемпионаты Мира по футболу. Когда проходят мероприятия данного типа, цены на жилье повышаются многократно, возникают проблемы с транспортом. В данном случае круизный туризм может быть неплохой альтернативой традиционным средствам размещения и видам транспорта.

2. Разнообразии и кардинальное отличие от классических видов туризма. Типичный турист уже успел попутешествовать по Европе, Азии, Ближнему Востоку. Туристам нужна новизна, новые направления, достичь которые комфортнее на круизных лайнерах [4, с. 108].

Однако есть и специфические особенности, которые могут препятствовать активному росту круизного бизнеса:

1. Международный круизный туризм – очень высокобюджетный бизнес, такая деятельность требует существенных инвестиций. Круизные лайнеры стоят огромных денег. На рынке международного круизного туризма лидируют несколько компаний, они задают тренды, определяют цены. Новым компаниям закрепиться на рынке очень затруднительно. На рисунке 4 показаны основные лидеры в секторе международного круизного бизнеса.

2. Реальная зависимость спроса на услуги от доходов населения. Из-за снижения покупательской способности населения снижаются доходы и туристских компаний.

Для того чтобы быть готовым к предстоящим вызовам, нужно четко определять свою целевую аудиторию, позиционировать свою компанию в нужной траектории. Улучшение политики лояльности, широкая ценовая политика, тактически

спланированная рекламная кампания – обогатят не только отдельную туристскую фирму, но и могут послужить мультипликатором роста всей отрасли.

Одним из форс-мажорных явлений в истории международного круизного туризма была пандемия COVID-19 [5]. Как и практически все сектора международной экономики, международный круизный туризм потерял свои позиции в 2020 году. Как замечает Л.Мориарти, «круизные суда становятся местом, где происходят вспышки инфекций, так как на судне закрытая окружающая среда, постоянные контакты людей, находящихся на корабле» [6, с. 23]. Одним из печально известных случаев является вспышка COVID-19 на круизном лайнере Princess Diamond в феврале 2020 года, на судне 700 из 3000 пассажиров были заражены инфекцией. Только в начале 2020 года около 50 кораблей и примерно 2000 членов экипажей были заражены коронавирусной инфекцией. Тогда суда один за другим прекращали свои туристские перевозки. Весь следующий год круизная индустрия практически не осуществляла свою деятельность. Пандемия опустошила сектор международного круизного туризма в 2020 году. Если в порту Стокгольма в 2019 году было зафиксировано самое большое количество пассажиров – около 600 тысяч человек за 2019 год, то в 2020 году количество пассажиров сократилось почти в 30 раз [5, с. 23].

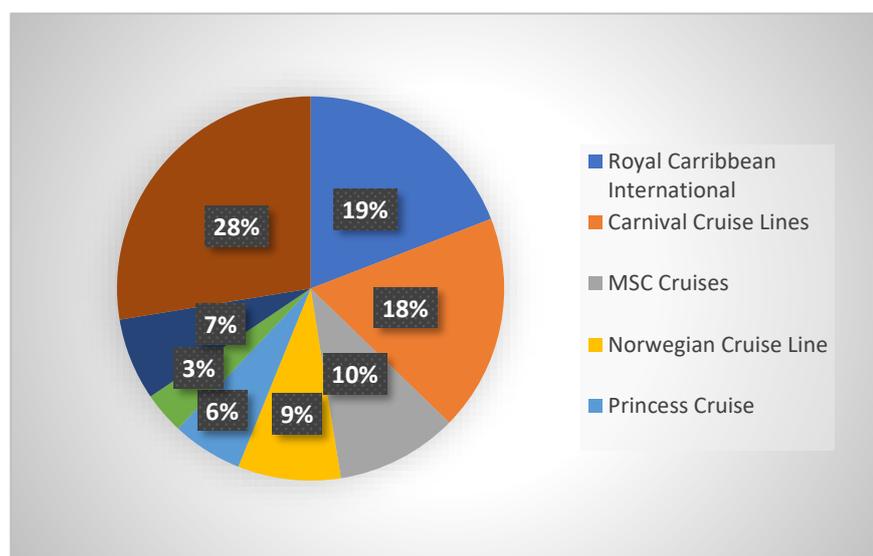


Рис. 4. Доля на рынке перевозок международных круизных компаний

Существует несколько причин того, почему коронавирусная инфекция негативно повлияла на индустрию международного круизного туризма. Убытки в работе к сентябрю 2020 года составили 50 миллиардов долларов США [6, с. 25]. Компании Birka Cruises, Cruise and Maritime Voyages, Pullmantur Cruises прекратили свою деятельность из-за коронавирусной инфекции. Из всех секторов бизнеса круизные компании одними из первых закрыли свой бизнес в период разгара пандемии. Компании понесли большие убытки, так как люди стали отменять заранее забронированные места. После того, как повсеместно объявили о распространении коронавирусной инфекции, компания Carnival Cruise Line уволила около 1300 человек [7]. Некоторые компании пошли на весьма неоправданные действия. Так, судно Columbus продали за примерно 5 млн долларов США, хотя до пандемии оно стоило почти 100 млн долларов США [8].

Важным моментом является юридический аспект международных круизов. В территориальных водах круизное судно является частью соответствующего государства, то есть именно оно несет полную ответственность за правопорядок и безопасность пассажиров. Однако за пределами территориальных вод за все то, что

происходит на круизном лайнере, отвечает туристская компания. Именно поэтому особые условия возникают у юриста, расследующего преступление, произошедшее на судне. Немалое значение имеют условия контракта о чартерных перевозках, в которых оговорено, где и как можно подать судебный иск. Если взять некоторую судебную практику подобного рода, то можно увидеть, что иски могут быть не удовлетворены по нескольку лет. Принимая во внимание исследование профессора Р. Кляйна, можно сказать, что туристические компании стали тратить в 6 раз больше средств на защиту собственных интересов, чем 20 лет назад [9, с. 16]. В современных реалиях требуются профилактические меры в правовой части круизного туризма. Нужна эффективная стратегия в этой области.

На наш взгляд, на круизных лайнерах очень актуален вопрос безопасности. М.С.Обориным приводится статистика причин преступлений на борту круизных лайнеров: алкогольное опьянение пассажиров (примерно 15%), драки (чуть больше 5%), проигрыши в казино (около 2%) [9, с. 16]. Для пассажиров немалую опасность может представлять возможность оказаться за бортом судна. С каждым годом количество жертв увеличивается. Очень часто люди погибают сразу из-за низкой температуры воды. Также одной из проблем современных круизных лайнеров является недостаточный гигиенический контроль [10, с. 118]. Предпосылками этого являются недостаточное соответствие нормам пресной питьевой воды, неправильное хранение еды, редкая смена постельного белья и т.д.

Для того, чтобы выдерживать конкуренцию в любой сфере бизнеса, нужно постоянно следить за актуальными изменениями. То, что круизные компании и туристические агентства сотрудничают в сфере маркетинга, может говорить о том, что рынок круизного туризма продолжает набирать обороты. Растет количество круизных технологий. Много лет уже существует такой стереотип, что услугами круизного туризма пользуются в основном люди старшего поколения, однако в настоящее время на воду спускаются лайнеры, предназначенные специально для молодых семей. В настоящее время во многих странах осуществляется концепция устойчивого развития. Сокращение углеродного следа, сокращение отходов и другого воздействия на окружающую среду – это те сферы, которые будут совершенствоваться. Многие компании постепенно переходят на чистое топливо, используют современные системы очистки воды [11, с. 74]. Судовой транспорт получает международный сертификат ISM Code, который действует несколько лет. Современные корабли оснащаются разноплановыми фильтрами, материалами, обеспечивающими тишину вокруг и внутри судна. Все это привлекает туристов, которые заботятся о природе [10, с. 116]. Растет количество направлений, расширяется охват рынка круизных услуг. Делаются усилия для создания тематического туристского продукта, в основе которого лежит экономика впечатлений [12, с. 24]. Не менее значимым трендом стали инвестиции в инфраструктуру. Это не только делает условия для пассажиров более комфортными, но и повышает имидж компании.

Заключение

Проведенное исследование приводит к выводу о правомерности и перспективности развития международного круизного бизнеса в контексте глобальной концепции устойчивого развития (см, в частности, [13], [14]). Об этом говорят и сам интернациональный характер данной деятельности, и масштабность реализации (географические расстояния, высокая стоимость судов, большие инвестиции), и отмеченная зависимость от уровня финансового благополучия населения, напрямую определяющего его покупательскую способность. Причем, эффекта такой подход достигнет в случае широкого охвата рамками такой концепции всех участников отрасли: представителей индустрии, клиентов, регуляторных структур национального и международного уровня, и с корректным и сбалансированным учетом всех экономических, социальных, правовых, политических и культурных аспектов.

Список литературы

1. Мударисова, Л.И. История и становление круизного туризма / Л.И. Мударисова // Наука и образование: проблемы и перспективы: Материалы Ежегодной научно-практической конференции с международным участием / Под ред. Н.М. Прусс, А.А. Аюпова. – Казань: Университет управления «ТИСБИ». – 2018. – С. 126-129.
2. The Global Cruise Tourism Market Size will be USD 5541.2 million in 2024 // Cruise Tourism Market Report 2025 (Global Edition). – URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/cruise-tourism-market-report> (дата обращения: 20.04.2025).
3. State of the Cruise Industry Report. – URL: <https://cruising.org/sites/default/files/2025-05/State%20of%20the%20Cruise%20Industry%20Report%202025.pdf> (дата обращения 18.10.2025).
4. Басюков, Г.Т. Круизный туризм: особенности и тенденции в 2018 году / Г.Т. Басюков // Эпоха науки. – 2018. – № 14. – С. 107-112.
5. Zhang H., Wang Q., Chen J., Rangel-Buitrago N., Shu Y. Cruise Tourism in the Context of COVID-19: Dilemmas and Solutions // Ocean and Coastal Management. 2022. Vol 228. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2022.106321.
6. Сарафанова, А.Г. Обзор влияния COVID-19 на круизную индустрию / А.Г. Сарафанова, А.А. Сарафанов // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2021. №3. – С. 19-28.
7. Carnival Cruises Laying off Nearly a Thousand Workers and Cutting Pay for Hundreds More Due to Coronavirus. – URL: <https://www.the-sun.com/news835665> (дата обращения 20.04.2025).
8. Columbus продан, дальнейшая судьба судна пока не определена. – URL: <https://www.portspb.ru/Arhiv/news30> (дата обращения 20.04.2025).
9. Оборин, М.С. Тенденции и особенности развития круизного туризма / М.С. Оборин // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2021. – №3. – С. 7-17.
10. Безрукова, Н.Л. Вопросы безопасности круизного туризма / Н.Л. Безрукова, В.К. Малыгин // Вестник РМАТ. 2017. №4. – С. 115-118.
11. Смирнов, С.Н. Круизный туризм в синей экономике: Проблемы и перспективы / С.Н. Смирнов // ЭКСПр. – 2022. – №2 (50). – С. 57-79.
12. Лескова, Г.А. Предметно-тематический подход к созданию туристско-экскурсионной программы как основа кастомизации в культурном туризме / Г.А. Лескова, С.Г. Шкуропат // Вестник Национальной академии туризма. – 2016. – №3 (39). – С. 19-24.
13. Sun R., Ye X., Qianyu Li, Scott N. Assessing the Eco-efficiency of Cruise Tourism at the National Level: Determinants, Challenges, and Opportunities for Sustainable development // Ecological Indicators. 2024. Vol 160. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111768.
14. Sandven A.H., Jørgensen M.T., Wassler P. Residents' Coping with Cruise Tourism // Annals of Tourism Research. 2024. Vol 105. DOI: 10.1016/j.annals.2024.103732.

References

1. Mudarisova, L.I. Istoriya i stanovlenie kruiznogo turizma [History and Formation of Cruise Tourism] / L.I. Mudarisova // Nauka i obrazovanie: problemy i perspektivy: Materialy Ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem / Pod red. N.M. Pruss, A.A. Ayupova. – Kazan': Universitet upravleniya «TISBI». – 2018. – S. 126-129.
2. The Global Cruise Tourism Market Size will be USD 5541.2 million in 2024 // Cruise Tourism Market Report 2025 (Global Edition). – URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/cruise-tourism-market-report> (data obrashcheniya: 20.04.2025).
3. State of the Cruise Industry Report. – URL: <https://cruising.org/sites/default/files/2025-05/State%20of%20the%20Cruise%20Industry%20Report%202025.pdf> (data obrashcheniya 20.04.2025).
4. Basyukov, G.T. Kruiznyi turizm: osobennosti i tendentsii v 2018 godu [Cruise Tourism: Features and Tendencies in 2018] / G.T. Basyukov // Ehpokha nauki. – 2018. – № 14. – S. 107-112.

5. Zhang H., Wang Q., Chen J., Rangel-Buitrago N., Shu Y. Cruise Tourism in the Context of COVID-19: Dilemmas and Solutions // *Ocean and Coastal Management*. 2022. Vol 228. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2022.106321.
6. Sarafanova, A.G. Obzor vliyaniya COVID-19 na kruiznyuyu industriyu [Review of COVID-19 Influence on Cruise Industry] / A.G. Sarafanova, A.A. Sarafanov // *Sovremennye problemy servisa i turizma*. – 2021. №3. – S. 19-28.
7. Carnival Cruises Laying off Nearly a Thousand Workers and Cutting Pay for Hundreds More Due to Coronavirus. – URL: <https://www.the-sun.com/news835665> (data obrashcheniya 20.04.2025).
8. Columbus prodan, dal'neishaya sud'ba sudna poka ne opredelena. [Columbus sold: Ship's Future Still not Certain] – URL: <https://www.portspb.ru/Arhiv/news30> (data obrashcheniya 20.04.2025).
9. Oborin, M.S. Tendentsii i osobennosti razvitiya kruiznogo turizma [Tendencies and Features of Cruise Tourism Development] / M.S. Oborin // *Sovremennye problemy servisa i turizma*. – 2021. – №3. – S. 7-17.
10. Bezrukova, N.L. Voprosy bezopasnosti kruiznogo turizma [Cruise Tourism Security Problems] / N.L. Bezrukova, V.K. Malygin // *Vestnik RMAT*. 2017. №4. – S. 115-118.
11. Smirnov, S.N. Kruiznyi turizm v sinei ehkonomie: Problemy i perspektivy [Cruise Tourism in Blue Economy: Problems and Perspectives] / S.N. Smirnov // *EHKSPR*. – 2022. – №2 (50). – S. 57-79.
12. Leskova, G.A. Predmetno-tematicheskii podkhod k sozdaniyu turistsko-ehkskursionnoi programmy kak osnova kastomizatsii v kul'turnom turizme [Subject-Thematic Approach to the Creation of a Tourist and Sightseeing Program as a Basis For Customization in the Cultural Tourism] / G.A. Leskova, S.G. Shkuropat // *Vestnik Natsional'noi akademii turizma*. – 2016. – №3 (39). – S. 19-24.
13. Sun R., Ye X., Qianyu Li, Scott N. Assessing the Eco-efficiency of Cruise Tourism at the National Level: Determinants, Challenges, and Opportunities for Sustainable development // *Ecological Indicators*. 2024. Vol 160. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111768.
14. Sandven A.H., Jørgensen M.T., Wassler P. Residents' Coping with Cruise Tourism // *Annals of Tourism Research*. 2024. Vol 105. DOI: 10.1016/j.annals.2024.103732.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTORS

Левизов Алексей Сергеевич, к. э. н., доцент, доцент кафедры менеджмента и маркетинга, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», 600000, г. Владимир, ул. Горького, 79, e-mail: levizov@yandex.ru

Alexey S. Levizov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management and Marketing, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, 600000, Vladimir, Gorky str., 79, e-mail: levizov@yandex.ru

Измайлов Ринат Рустамович, студент 4 курса кафедры менеджмента и маркетинга, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», 600000, г. Владимир, ул. Горького, 79, e-mail: exams_100_ballov@vk.com

Rinat R. Izmailov, 4rd year student of the Department of Management and Marketing, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, 600000, Vladimir, Gorky str., 79, e-mail: exams_100_ballov@vk.com

Статья поступила в редакцию 22.05.2025; принята к публикации 31.10.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 22.05.2025; published online 20.12.2025.

УДК 33

DOI: 10.37890/jwt.vi85.650

Безбилетный проезд – угроза безопасности пригородному железнодорожному комплексу или обществу

Ж. Ю. Пыжова¹

ORCID: 0000-0002-2913-2360

П.Н. Пешехонов²

ORCID: 0009-0003-2734-1251

Р. М. Юсупов³

ORCID: 0009-0005-4723-7704

А. А. Абросимова⁴

ORCID: 0000-0002-3484-4848

¹*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

²*АО «Северо-Западная пригородная пассажирская компания», г. Санкт-Петербург, Россия*

³*Российский университет транспорта, г. Москва, Россия*

⁴*Нижегородский Государственный Университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация: в статье рассмотрено понятие безбилетный проезд, рассмотрена историческая справка, приведена аналитика безбилетного проезда и статистика травмирования на железнодорожном транспорте. Озвучена важность данного вопроса для общества и государства. Приведен опыт противодействия безбилетному проезду в некоторых зарубежных странах, рассмотрены их методы противодействия. Изучены комплексные исследования общественного мнения организациями WSV и ВЦИОМ, приведены результаты исследований и сравнительная аналитика среди безбилетных пассажиров. Отмечено, что данное антиобщественное деяние становится нормой поведения, что указывает на происходящие изменения в ценностях общества и ставит проблемные задачи перед институтами государства. Озвучено мнение и приведена классификация безбилетников со стороны перевозчиков, приведены нормы и правила законодательных документов. Рассмотрены правовые нормы и фактическая ситуация по противодействию безбилетному проезду на примере пригородного железнодорожного комплекса, обращено внимание на проблемные вопросы и пробелы в законодательстве. Обозначены сложности, возникающие при оформлении актов о безбилетном проезде со стороны перевозчика, определено недостаточность прав у уполномоченных лиц перевозчика и взаимодействия с сотрудниками полиции, а также некоторые вопросы, связанные со сложностью взимания штрафных санкций за безбилетный проезд по исполнительным листам. Приведено мнение авторов, что наказание за безбилетный проезд должно быть, и должно применяться в целях предупреждения совершения новых нарушений. Отражены вопросы связанные с правомерностью удаления безбилетного лица из поезда сотрудниками полиции и уполномоченными лицами перевозчика, некоторые возникающие сложности. Представлены предложения по применению мер к безбилетным лицам в рамках Федерального закона от 23.06.2016 № 182-ФЗ «Об основах системы профилактики правонарушений в Российской Федерации» и возможности применения ст. 20.1. КоАП РФ «Мелкое хулиганство» в качестве административного воздействия. Авторами приводятся доводы о необходимости возобновления действия статьи «Безбилетный проезд» в КоАП РФ как деяния нарушающего нормы общественного поведения. Озвучивается необходимость проработки инструментария реализации полномочий и прав уполномоченных органов, и их взаимодействия в противодействии безбилетному проезду.

Ключевые слова: логистика, пригородный железнодорожный комплекс, безопасность, безбилетный проезд, право, общество.

Stowaway travel is a threat to the safety of a suburban railway complex or society

Zhanna Yu. Pyzhova¹

ORCID: 0000-0002-2913-2360

Pavel N. Peshekhonov²

ORCID: 0009-0003-2734-1251

Rustam M. Yusupov³

ORCID: 0009-0005-4723-7704

Anna A. Abrosimova⁴

ORCID: 0000-0002-3484-4848

¹*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

²*JSC North-Western Suburban Passenger Company», St. Petersburg, Russia*

³*Russian University of Transport, Moscow, Russia*

⁴*Lobachevsky Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract: The article examines the concept of stowaway travel, and historical information, provides an analysis of stowaway travel and statistics of injuries in railway transport. The importance of this issue for society and the state has been voiced. The experience of countering stowaway travel in some foreign countries is given, and their methods of counteraction are considered. Comprehensive studies of public opinion by the WSV and VTsIOM organizations are studied, research results and comparative analysis among stowaways are presented. It is noted that this antisocial act is becoming the norm of behavior, which indicates the ongoing changes in the values of society and poses problematic tasks for the institutions of the state. The opinion of the carriers on this issue is presented and the classification of stowaways is performed, the norms and legal rules are provided. The legal norms and the actual situation on countering stowaway travel are considered using the example of a suburban railway complex, attention is drawn to problematic issues and gaps in legislation. The difficulties that arise in the registration of acts on stowaway travel on the part of the carrier are outlined, the insufficiency of rights of authorized persons of the carrier and interaction with police officers are determined, as well as some issues related to the difficulty of collecting penalties for stowaway travel on writ of execution. The authors' opinion is given that the punishment for stowaway travel should be, and should be applied in order to prevent the commission of new violations. The issues related to the legality of the removal of a stowaway from the train by police officers and authorized persons of the carrier, as well as some difficulties that arise, are reflected. Proposals are presented on the application of measures to stowaways within the framework of Federal Law No. 182-FZ dated 06/23/2016 "On the basics of the crime Prevention System in the Russian Federation" and the possibility of applying art. 20.1. of the Administrative Code of the Russian Federation "Minor Hooliganism" as an administrative impact. The authors present arguments about the need to renew the article "Stowaway" in the Administrative Code of the Russian Federation as an act violating the norms of public behavior. The need is voiced to study the tools for implementing the powers and rights of authorized bodies, and their interaction in countering stowaway travel.

Keywords: logistics, suburban railway complex, security, stowaway, law, society

Введение

Практически каждый человек хоть раз осуществлял поездку на пригородном железнодорожном транспорте, на так называемых электричках. И каждый из нас, наверняка слышал о «зайцах», но не о тех, которые под «елочкой сидят», а о так называемых безбилетниках. Своим поведением они не только нарушают общественно принятые нормы и правила, но и доставляют неудобства добропорядочным пассажирам, когда проносятся «ураганом» по вагонам убегая от контролеров, занимают места, за которые платят добропорядочные пассажиры и вынужденные теперь стоять, - но еще нарушают общественный порядок, когда пробравшись через

заборы и ограждения, идут через железнодорожные пути и пытаются пробраться к станции, и нередко попадают под колеса поездов, останавливая движение на всем направлении, а так же наносят существенный экономический ущерб в противовес целевой функции логистики транспортных пассажирских перевозок [1-5].

Под понятием безбилетник подразумевается физическое лицо (пассажир) уклоняющееся от оплаты своего проезда.

Безбилетники появились одновременно с технологиями, которые позволили массово перемещаться людям по суше, по воде и летать по небу. Согласно онлайн-словарю этимологии, в английском языке не было термина для обозначения этого понятия до 1848 года, однако к концу 19-го века безбилетники стали неотъемлемой частью иммиграции на восточное побережье Америки. К сведению, знаменитый датский писатель-сказочник Ганс Христиан Андерсен тоже путешествовал без билета, когда в 1819 году ехал из Оденсе в Копенгаген. Он сидел на бортике рядом с кучером., ему пришлось выйти за городские ворота в Оденсе, чтобы сесть в дилижанс и выйти до того, как он доедет до городских ворот Копенгагена [6].

Не стоит удивляться тому, что на протяжении существования общественного транспорта, люди пытались пробраться без билета практически на любое транспортное средство, которое перевозит людей из пункта А в пункт Б [7].

Уклонение от оплаты проезда - это проблема, которая является одной из самых устойчивых и трудноразрешимых проблем в любой логистической отрасли с момента появления транспортных перевозок и до настоящего времени.

К примеру, по данным РЖД в 2011 году в электричках каждый шестой (18%) пассажир был безбилетником. На основании опросов безбилетных пассажиров были получены следующие результаты, 63% пассажиров считают, что электричка – это транспорт в котором можно не оплачивать проезд. Пассажиры наиболее склонные к безбилетному проезду были в возрасте 17-27 лет [8].

По данным Московского региона в 2017 году, из 2 миллионов ежедневных пассажиров, примерно 300 тысяч – безбилетные пассажиры (109 миллионов в год). Если бы каждый из этих 109 миллионов, оплатил стоимость поездки на 1 зону в размере 22 рублей (размер стоимости на период 2017 года), то железнодорожный пригородный перевозчик, получили бы дополнительно выручки в размере 2,4 млрд рублей. Так же отмечено, что в 2017 году на Московской железной дороге зафиксировано 329 чрезвычайных происшествия с пассажирами и значительная часть – это пассажиры, пытавшиеся проехать без билета [9].

По данным 2022 года, также идут сводки о «зайцах», лезущих через заборы, ограждения и турникеты. А соответственно и о участившихся случаях гибели безбилетных пассажиров под колесами электричек. Турникеты, заборы, с помощью которых до сих пор пытались перегородить пути выхода на железнодорожную платформу, не помогают. Так только в августе 2022 года в Подмоскovie погибли трое подростков [10].

По данным РЖД, в 2024 году на объектах инфраструктуры железной дороги получили травмы различной степени тяжести 1 677 человек, 1 180 из которых получили травмы не совместимые с жизнью, 87 из которых были дети [11].

За 6 месяцев 2025 года на Октябрьской железной дороге произошло 79 инцидентов травмирования людей, в результате пострадали 80 человек, 54 из которых погибли [12].

А это уже статистика человеческих жизней и речь об недополучении денежных средств за перевозку пассажиров перевозчиком отходит на второй план.

В целом это проблема уже не только для перевозчиков пригородного железнодорожного сообщения, но и для государства в целом - негативные тенденции, связанные травмированием и гибелью пассажиров пытавшихся осуществить безбилетный проезд, нарушение ими правил перевозок в виде неоплаченного проезда и правил нахождения в зонах повышенной опасности – подрывают официально установленные нормы поведения, иногда переходят в административные и уголовные

правовые поля, наносят имущественный вред компаниям перевозчикам в виде неоплачиваемого проезда, мешают работе общественного транспорта и сотрудникам при выполнении задач по осуществлению перевозочного процесса.

Из данного небольшого анализа, мы видим, что безбилетник постоянно и неизменно присутствует в сфере общественного и пригородного железнодорожного транспорта на протяжении длительного времени, и ни какие ограничения, заборы, турникеты его не останавливают.

Обсуждение

И так как общественный транспорт неотъемлемая часть любых городов и агломераций, данная проблема остается актуальной для многих стран. Рассмотрим опыт противодействия безбилетному проезду в некоторых зарубежных странах и попробуем разобраться как работают их меры по борьбе с безбилетниками:

- В США остро стоит проблема неоплаченных поездок из-за чего транспортная система лишается сотен миллионов долларов ежегодно, в связи с чем перевозчики ужесточают контроль за неоплаченным проездом. Так в Нью-Йорке, оператор транспортной системы МТА, нанял частное охранное предприятие для оказания в обеспечении правопорядка, на самых проблемных станциях. В Вашингтоне и Сан-Франциско перевозчики установили высокие турникеты, через которые невозможно перепрыгнуть. В Чикаго помимо контракта с частной охранной фирмой на обеспечение правопорядка, охрану также несут 50 служебных собак, их присутствие существенно отпугивает безбилетников [13]. Контролеры - сотрудники безопасности транспортных компаний, регулярно проводят рейды в ходе которых высаживают безбилетных пассажиров и выписывают штраф в размере 100 долларов.
- В Германии штраф за безбилетный проезд 40 евро. При обнаружении безбилетного пассажира, он должен предъявить какое-либо удостоверение личности или продиктовать свои достоверные персональные данные – контролеры свяжутся с полицией и их проверят. Кроме того, контролеры имеют право задержать безбилетного пассажира до прихода полиции. Перевозчики ведут учет безбилетных пассажиров и в случае неоднократного безбилетного проезда, на данного гражданина заявляют в полицию [14].
- Во Франции остро стоит проблема неоплаченного проезда, и особенно среди железнодорожных перевозчиков, т.к. наносит существенный урон транспортным компаниям, предполагаемый ежегодный ущерб составляет 300 миллионов евро. Ежегодно полиция, совместно с сотрудниками пограничной службы и сотнями контролеров перекрывают вокзалы в Париже, чтобы проверить порядка 300 тыс. пассажиров. Каждый подобный рейд выявляет до 40 тыс. безбилетников. Штраф за безбилетный проезд в Париже 50 евро. За пятый факт неоплаты проезда безбилетный пассажир отправлялся на полгода в тюрьму с уплатой штрафа в размере 7500 евро. Также предусмотрено наказание за попытку скрыться от контролера, указания неверных анкетных данных или адреса при составлении квитанции на оплату штрафа [15].
- В Венгрии с 2022 года существенно подняли штраф за безбилетный проезд: 12 000 форинтов (30 евро) при оплате на месте или в указанный срок. В случае если штраф не оплачен вовремя, сумма увеличивается до 25 000 форинтов.

- В Греции применяется одна из самых высоких систем наказания, в Афинах за безбилетный проезд – штраф в размере 60-ти кратной стоимости билета.
- В Польше штрафная политика самая жесткая, но одновременно считается одной из самых эффективных. За безбилетный проезд – штраф в размере 78-ми кратной стоимости проезда. В случае неуплаты штрафа в семидневный срок, начисляются проценты, а информация о человеке попадает в кредитное бюро, что отражается на кредитной истории. Также фискальные органы сообщают о данном факте работодателю нарушителя.
- В Швеции очень высокие штрафы за безбилетный проезд – 1 500 шведских крон (130 евро).
- Великобритания, в Лондоне штраф за безбилетный проезд составляет 50 фунтов стерлингов.
- В Сингапуре минимальный штраф – 50 долларов, при просрочке сумма увеличивается до 2 000 долларов. А повторные нарушения, как и во Франции могут привести к тюремному заключению.

Из приведенного материала, можно сказать, что в борьбе с безбилетниками в первую очередь задействованы – контролеры, которые наделены определенными правами (примеры Германии, Франции), т.е. человеческий ресурс. Высокие штрафные санкции в значительной мере останавливают пассажира от неоплаченного проезда, так как в значительной мере влияют на его благополучие (примеры Франции, США, Греции, Швеции, Венгрии). Действия фискальных органов в части взыскания штрафных санкций с безбилетников, в значительной мере оказывают положительный эффект на ситуацию с безбилетным проездом (пример Польши, Сингапура). Международным опытом указывает, что грамотная система контроля в транспорте, высокие штрафы и слаженная работа государственных органов, в значительной степени позволяют минимизировать потери, улучшить транспортную систему и повысить ее доходность.

Но для более глубокого разбора данной проблемы, необходимо и понимать, кто такой безбилетник и каковы его мотивы.

В 2011 году Всероссийским центром изучения общественного мнения (далее – ВЦИОМ) проведено комплексное инициативное исследование об оплате проезда в общественном транспорте и в электричках.

По полученным данным только 5% пассажиров не платят за проезд в общественном транспорте, в то время как в электричке 18%, т.е. каждый шестой пассажир – безбилетник. 63% безбилетных пассажиров считают пригородный железнодорожный транспорт, в котором не обязательно оплачивать проезд, 50% пассажиров из данной категории признались, что это способ экономии, для 17% данной категории – это форма протеста против завышенных цен и каждый десятый считает это обычным проступком. Равнодушно к своему поступку в виде неоплаченного проезда относится больше 30% безбилетников, а чувство стыда испытывает лишь 20%.

Среди безбилетных пассажиров 25% оправдывает неоплату проезда низким качеством перевозок, притом только 10% пассажиров из данной группы готовы платить за проезд больше, если качество перевозок существенно улучшится. Доля тех, кто готов платить на 5% больше за улучшение качества перевозок, среди пассажиров составляет больше 30% опрошенных респондентов.

39% пассажиров негативно относятся к безбилетникам, 28% воспринимают безбилетный проезд с пониманием и 29% безразлично. Вместе с тем 40% опрошенных пассажиров признают, что в связи с недополучением средств от безбилетного проезда, может сократиться качество и количество транспорта и это очень существенно отразится на качестве жизни. 18% респондентов считают, что наказывать за безбилетный проезд не нужно. 35% считают, что самыми эффективными мерами

профилактики – это внедрение современных систем контроля оплаты проезда. 34% считают эффективными мерами – ужесточение наказания за безбилетный проезд [16].

Рассмотрены исследования WSV (The World Values Survey - Всемирное исследование ценностей) – проект, позволяющий оценить эволюцию ценностных ориентиров населения, проводящихся почти в 100 странах мира. Результаты седьмой волны исследований, показывают, что население РФ в 2017 году стало значительно терпимее к противоправным нарушениям, в том числе и к безбилетному проезду в общественном транспорте. По сравнению с исследованиями, проведенными в 1990 году, на 2017 год число осуждающих безбилетный проезд сократилось с 52% до 24% [17].

В 2020 году ВЦИОМ, представил результаты исследования мнения россиян о различных проступках и противозаконных действиях. По полученным данным каждый третий россиянин (32%) считает, что безбилетный проезд в общественном транспорте – серьезный проступок, которые нельзя оправдать. Вместе с тем снисходительное отношение к безбилетному проезду выражает каждый четвертый россиянин (28%), по данным ВЦИОМ за четыре года эта доля увеличилась +7 п.п. [18].

Обобщенные данные по изменениям в мнениях граждан, осуждающих безбилетный проезд, по годам в которых производились исследования, представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Изменения в мнениях граждан по отношению к безбилетному проезду в период 1990-2020 г.г. (подготовлена авторами).

	по данным исследования WSV		по данным исследования ВЦИОМ	
	1990	2017	2011	2020
Число осуждающих безбилетный проезд, %	52%	24%	39%	32%
Снисходительное отношение к безбилетному проезду, %	не проводилось	не проводилось	28%	28%

Из данного анализа наблюдается снижение числа осуждающих безбилетный проезд как по исследованиям WSV (1990/2017), так и по исследованиям ВЦИОМ (2011/2020), следует, что происходит рост толерантности безбилетного проезда как к проступку. Это свидетельствует нам о том, что данное антиобщественное деяние становится нормой поведения, что указывает на изменения в ценностях населения и имеющиеся социальные институты не справляются с данной проблемой. А это уже угроза морально-правовым нормам общественного поведения, соответственно государство должно реагировать на данные угрозы.

Давайте рассмотрим, как выглядят безбилетники со стороны перевозчиков. По мнению экспертов АО «СЗППК» на территории обслуживания пригородного железнодорожного комплекса можно выделить следующие виды безбилетников:

«Случайные» безбилетники. В соответствии со ст. 2, 82 Федерального закона от 10 января 2003 года № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» (далее «Устав») пассажир – физическое лицо, заключившее договор перевозки пассажира. Заключение договоров перевозок пассажиров удостоверяется проездными документами (билетами).

Согласно ст. 786 ГК РФ по договору перевозки пассажира перевозчик обязуется перевезти пассажира в пункт назначения. Пассажир обязуется уплатить установленную плату за проезд. Таким образом, исходя из указанных норм, перевозчик обязан перевозить только физических лиц, заключивших с ним договор перевозки.

Согласно ст. 82 Федерального закона Российской Федерации от 10.01.2003г. № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации», пассажир пригородного железнодорожного комплекса обязан иметь и сохранять проездной документ (билет) от момента входа через пункты контроля в пункте отправления (в том числе на железнодорожной станции отправления без билетных касс или платежных терминалов), в течение всего времени следования поезда и до момента выхода через пункты контроля в пункте назначения или железнодорожной станции назначения. Физическое лицо, не предъявившее уполномоченному перевозчиком лицу при проверке наличия и действительности проездных документов (билетов) в поезде или при выходе через пункт контроля действительного проездного документа (билета) либо документов, подтверждающих право на бесплатный или льготный проезд, является безбилетным (исключение, в случае отсутствия билетных касс или терминалов самообслуживания на остановочном пункте).

Другими словами, пассажир, для осуществления проезда, заранее должен спланировать свой маршрут и приобрести билет и сохранять его на протяжении всего пути (включая нахождение на станциях отправления и прибытия), а не приобретать билет уже в момент поездки на пригородном электропоезде. Это главное отличие правила оплаты проезда пригородного железнодорожного комплекса от городского транспорта.

Если пассажир не ознакомился с правилами перевозки и по незнанию сел в электропоезд с желанием приобрести билет в электропоезде, то в данном случае он будет считаться безбилетным физическим лицом и обязан приобрести проездной документ (билет) с внесением платы за проезд, а также платы за оказание услуги по оформлению проездного документа (билета) в поезде – с так называемым сбором, установленным в соответствии с правилами перевозок пассажиров, багажа, грузобагажа железнодорожным транспортом. В данном случае, такие пассажиры — это случайные безбилетники, которые не ознакомились с правилами проезда перед поездкой.

- «Ситуационные» безбилетники — это, те кто изначально могут оплатить проезд, но пользуется возможностью этого не делать, т.е. реагируют на ситуацию - есть контролер платят, если нет, то не платят. Таких большинство. Они бегают от контролеров в электропоездах, но при работе контрольно-ревизионных групп (далее – КРГ) проезд оплачивают, конфликты с ними маловероятны и возможны только при оплате дополнительного сбора. Что интересно, данный вид пассажиров-безбилетников эволюционирует и начинают внедрять новый вид безбилетного проезда с использованием IT-технологий: пассажиры открывают МП «РЖД Пассажирам» или другое мобильное приложение (далее – МП) для оплаты проезда и ждут, появится ли на маршруте следования контролер. В случае появления контролера приобретают билет через МП, если контролера нет, то проезд не оплачивают. За такими безбилетниками закрепилось название – «ждуны».

- Другой вид безбилетников «коротыши» -это в основном сложный контингент рабочей среды, который любыми возможными методами стараются избежать оплаты проезда. Они считают, что платить ежемесячно за проезд слишком дорого. На конфликты с контролерами-ревизорами идут редко, стараются не связываться и оплачивают минимально короткую зону проезда по маршруту, в случае повторного подхода контролера, вновь приобретают билет на следующую короткую зону проезда, т.е. покупают «короткие» билеты (отсюда название – «коротыши»). Если контролера нет, то проезд не оплачивают. В основном конфликты возникают перед зарплатой или авансом, когда денег у них остается мало.

- Сложный вид безбилетников, «маргиналы» – совсем не хотят платить, конфликтные. Их количество увеличивается в холодные сезоны, агрессивны, хамят, скандалят, могут угрожать, за проезд платить категорически отказываются.

- И самый сложный вид безбилетников, «психопаты» — это люди с патологическими изменениями психики, с отсутствием совести и нравственных принципов, грубят, хамят, ведут себя наиболее агрессивно, угрожают и вступают с контролерами в физическое противодействие. Самые тяжелые и опасные безбилетники.

Предложения

Давайте рассмотрим, как же в настоящее время складывается ситуация противодействия безбилетному проезду на примере пригородного железнодорожного комплекса. Надо признать, что в настоящее время есть значительные сложности с противодействием безбилетному проезду. В связи с вступлением Федерального закона от 1 июля 2021 года № 283-ФЗ, статья 11.18. «Безбилетный проезд» предусмотренная КоАП РФ – утратила силу. С этого времени обязанность предотвращения безбилетного проезда полностью ложиться на перевозчиков. Как же перевозчик в настоящее время борется с безбилетным проездом и какие у него права, рассмотрим ниже.

Действия безбилетного гражданина нарушают положения статей 426, 785 ГК РФ, статьи 82 Федерального закона Российской Федерации от 10.01.2003 № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» и пунктов 99, 100, 101, 102, 103 Правил перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом, утвержденных Приказом Минтранса России от 05.09.2022 г. № 352.

Ответственность за совершение безбилетного проезда предусмотрена ст. 110.1 Федерального закона Российской Федерации от 10.01.2003 г. № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» - за отказ от приобретения проездного документа (билета), а также от внесения платы за оказание услуги по его оформлению, безбилетным физическим лицом уплачивается перевозчику штраф. При этом составляется Акт в порядке, установленном Правилами перевозок пассажиров, багажа, грузобагажа железнодорожным транспортом. За отказ безбилетного физического лица от уплаты штрафа он может быть взыскан в судебном порядке.

Штраф за безбилетный проезд относится к формальным негативным санкциям и на наш взгляд, при работе с безбилетниками должен соблюдаться принцип неотвратимости наказания (это принцип ответственности, и реализация данного принципа является существенным фактором эффективной борьбы с правонарушениями). Наказание должно быть, и должно применяться в целях предупреждения совершения новых нарушений правил проезда пассажирами, но на практике недостаток полномочий для взыскания штрафа и фактически отсутствие юридических последствий за безбилетный проезд, приводит к возникновению системных «безбилетников». На данном этапе, данную работу должны хорошо проводить фискальные органы. Но, к сожалению, в настоящее время, в данном направлении существуют значительные пробелы.

Например, перевозчиком АО «СЗППК» в марте 2025 года по составленным Актам о безбилетном проезде, было направлено 55 заявлений на выдачу судебного приказа на сумму штрафа 80 205,00 рублей и государственных пошлин уплачено на сумму 110 000,00 рублей, при этом получено денежных средств путем списания с расчетных счетов безбилетных физических лиц на текущий момент 15 285,55 рублей. Невзысканные по судебным решениям суммы штрафов и государственных пошлин с безбилетных физических лиц, приводят к несоблюдению принципов справедливости и неотвратимости наказания, а также компания перевозчик несет дополнительные финансовые затраты на уплату государственных пошлин.

В большинстве случаев работа перевозчиков по взиманию штрафных санкций за безбилетный проезд не скоординирована с Федеральной службой судебных приставов (далее – ФССП), система работает долго и неповоротливо, судебные приказы возвращаются на основании постановлений об окончании исполнительного производства и возвращении исполнительных дел взыскателю в связи с

невозможностью взыскать какое-либо имущество. А других законных способов воздействовать на безбилетное лицо и привлечь его к ответственности у перевозчиков не имеется, соответственно вопрос требует более глубокого взаимодействия и обмена информации с ФССП.

Есть вопросы, связанные с полномочиями и правами уполномоченного перевозчиком лица, так пункты 100, 101, 102 Правил перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом, регламентируют порядок действий и оформления акта о безбилетном проезде. В частности, указывается, что уполномоченным перевозчиком лицом на основании предоставленного безбилетным физическим лицом документа, удостоверяющего его личность, составляется акт в двух экземплярах. По факту данная норма не работает если у безбилетного лица нет с собой документа, удостоверяющего его личность. Безбилетные лица, злостно нарушающие правила проезда специально не предоставляют документ, удостоверяющий личность, а соответственно уполномоченное перевозчиком лицо не может составить акт о безбилетном проезде. В случае вызова уполномоченным лицом сотрудников полиции, последние могут произвести установление личности безбилетного пассажира, но передать его паспортные данные уполномоченным перевозчиком лицу для составления акта о безбилетном проезде не могут, данные действия подпадают под Федеральный закон от 27.07.2026 №152-ФЗ «О персональных данных». Соответственно принять каких-либо мер к безбилетному лицу не предоставляется возможным.

Согласно п. 103 Правил перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом, после составления акта о безбилетном проезде, безбилетное физическое лицо удаляется из поезда работником перевозчика, в обязанности которого входит осуществление контроля наличия и действительности проездных документов (билетов), на ближайшей станции или остановочном пункте. И тут возникает вопрос, каким образом можно удалить безбилетное лицо из поезда.

Согласно п.33 Постановлению Правительства РФ от 27.05.2021 № 810 «Об утверждении Правил оказания услуг по перевозкам на железнодорожном транспорте пассажиров, а также грузов, багажа и грузобагажа для личных, семейных, домашних и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности, и признании утратившими силу некоторых актов и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации», пассажир может быть удален из поезда:

- а) работниками органов внутренних дел, если при посадке в поезд или в пути следования пассажир нарушает правила проезда, общественный порядок и мешает спокойствию других пассажиров. Но тут, к сожалению, существует слабое юридическое разъяснение действий сотрудников полиции при выявлении безбилетного проезда. Данный пункт четко указывает, что пассажир может быть удален из поезда если в пути следования пассажир нарушает правила проезда. Правила проезда регламентируются Приказом Минтранса России от 05.09.2022 г. № 352 «Правил перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом», соответственно согласно п. 99, 100, 101, 102, 103 данного Приказа, в случае отказа оплаты проезда, безбилетное физическое лицо, должно быть удалено из поезда;
- б) работниками перевозчика, на которых в установленном порядке возложено осуществление контроля за наличием у пассажиров проездных документов (билетов), в случае если пассажир проезжает без проездного документа (билета) или по недействительному проездному документу (билету) и отказывается оплатить стоимость проезда в порядке, определяемом правилами перевозок пассажиров, багажа, грузобагажа. Но по факту, уполномоченное перевозчиком лицом, может только «убедительно» попросить безбилетника удалиться из поезда и в случае отказа никаких мер применить не может, т.к. уполномоченные лица перевозчика не наделены

правом применять физическую силу. Они даже не могут задержать безбилетника до прихода полиции.

Возникает соответствующий вопрос, право удалить безбилетника работниками перевозчика есть, а вот возможности нет. В случае если безбилетник не желает оплачивать свой проезд, не желает предоставить свои данные для составления Акта о безбилетном проезде и не желает покинуть транспортное средство как безбилетный пассажир, то уполномоченное лицо перевозчика никаких мер воздействия к нему применить не может. Даже если вызвать сотрудника полиции, то последний никаких мер к безбилетнику применить не будет, т.к. данное деяние не подпадает под административную ответственность.

И в настоящее время данными пробелами пользуется безбилетный пассажир, нарушает правила перевозки и уверен, что за это его не привлекут к ответственности.

На наш взгляд на данную проблематику необходимо посмотреть с другой стороны, согласно п.6 ст.2 Федерального закона от 23.06.2016 № 182-ФЗ «Об основах системы профилактики правонарушений в Российской Федерации», введено понятие «антиобщественное поведение» – не влекущие за собой административную или уголовную ответственность действия физического лица, нарушающие общепринятые нормы поведения и морали, права и законные интересы других лиц». Безбилетный проезд формально попадает под понятие «антиобщественное поведение», т.к. нарушает нормы и правила законодательных и правовых актов – ст.ст. 426, 785 ГК РФ, ст. 82 Федерального закона от 10.01.2003 № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» и пунктов 99, 100, 101, 102, 103 Правил перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом, утвержденных Приказом Минтранса России от 05.09.2022 г. № 352. При обязательном условии, что безбилетное лицо отказывается от уплаты проезда и сбора или оформления Акта безбилетного проезда. В данном случае согласно ст. 17 Федерального закона от 23.06.2016 № 182-ФЗ сотрудники полиции могут применить к данному лицу формы профилактического воздействия:

- 1) правовое просвещение и правовое информирование;
- 2) профилактическая беседа;
- 3) объявление официального предостережения (предостережения) о недопустимости действий, создающих условия для совершения правонарушений, либо недопустимости продолжения антиобщественного поведения. Оно может быть объявлено физическому лицу в целях недопустимости продолжения антиобщественного поведения, только в случае отсутствия в его действиях признаков деяния, за совершение которого данное лицо могло бы быть привлечено к уголовной или административной ответственности. В случае неисполнения требования, изложенного в официальном предостережении о недопустимости продолжения антиобщественного поведения, лицо, которому оно было объявлено, может быть привлечено к ответственности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Т.е., другими словами, к безбилетнику можно применить меры реагирования, как на антиобщественное поведение. Теоретически это выглядит следующим образом, при выявлении безбилетного лица не оплачивающего свой проезд, не предоставляющего свои установочные данные для составления Акта о безбилетном проезде и не желающего покинуть транспортное средство как безбилетный пассажир, контролер перевозчика может вызвать сотрудников полиции, которые могут проводить безбилетное лицо в отдел и вынести официальное предостережение о недопустимости антиобщественного поведения, и в случае повторного безбилетного проезда, появляется возможность привлечь данное лицо к административной ответственности по п.1 ст. 19.3. «Неповиновение законному распоряжению сотрудника полиции, военнослужащего, сотрудника органов федеральной службы безопасности, сотрудника

органов государственной охраны, сотрудника органов, осуществляющих федеральный государственный контроль (надзор) в сфере миграции, либо сотрудника органа или учреждения уголовно-исполнительной системы либо сотрудника войск национальной гвардии Российской Федерации». Таким образом, безбилетное лицо может быть удалено сотрудником полиции из поезда и доставлено в отделение полиции для проведения мер профилактического воздействия в рамках Федерального закона от 23.06.2016 № 182-ФЗ «Об основах системы профилактики правонарушений в Российской Федерации». Такая практика в значительной мере повлияет на количество безбилетников в пригородном железнодорожном транспорте.

С другой правовой точки зрения, за совершение безбилетного проезда предусмотрено наказание в виде штрафа, а это формально негативная санкция – т.е. меры наказания, которые исходят от официальных органов и имеют документальное подтверждение. Они применяются по отношению к человеку, нарушившему официально установленные нормы и правила поведения. И при усугублении данного проступка, поведением, выразившимся в не предоставлении своих данных и не желании покинуть транспортное средство, в оскорбительных (нецензурных) высказываниях в адрес уполномоченных перевозчиком лиц, то в таком случае, на наш взгляд в отношении такого гражданина стоит более внимательно рассмотреть диспозицию ст. 20.1. КоАП РФ «Мелкое хулиганство». Мелкое хулиганство, то есть нарушение общественного порядка, выражающее явное неуважение к обществу, сопровождающееся нецензурной бранью в общественных местах, оскорбительным приставанием к гражданам, а равно уничтожением или повреждением чужого имущества. Согласно Постановления Шестого кассационного суда общей юрисдикции от 07.04.2023 № 16-829/2023 и Постановления Третьего кассационного суда общей юрисдикции от 07.07.2021 № 16-1933/2021, суды определяют общественный порядок как - совокупность общественных отношений, обеспечивающих обстановку общественного спокойствия, достойного поведения граждан в общественных местах, нормальную работу организаций, учреждений, предприятий, общественного и личного транспорта, неприкосновенность личности. Соответственно, если безбилетный пассажир, не оплачивает свой проезд и установленный сбор, не предоставляет свои данные для составления Акта о безбилетном проезде и не желает покинуть транспортное средство, при этом оскорбляет уполномоченного сотрудника или нецензурно выражается при пассажирах в общественном транспорте, - то он тем самым нарушает:

- общественные отношения, когда отказывается приобрести билет и оформить договор на перевозку, тем самым нарушая Правила проезда;
- общественное спокойствие, когда нецензурно и шумно выражается в общественном транспорте;
- нарушает нормальную работу общественного транспорта, когда отказывается оплачивать проезд и тем самым причиняет ущерб организации перевозчика, а также не исполняет законные требования уполномоченного сотрудника.

Нужно отметить, что угроза охраняемым общественным отношениям заключается не только в наступлении каких-либо материальных последствий, а в пренебрежительном отношении лица к исполнению своих моральных и правовых правил, установленных законодательством, соответственно действия лица, отказывающегося выполнять данные требования формально должны подпадать под диспозицию ст. 20.1 КоАП РФ.

Исходя из двух приведенных примеров к безбилетному лицу возможно применить:

- в случае отказа от исполнения законных требований представителей перевозчика в виде объявления официального предостережения в рамках Федерального закона от 23.06.2016 № 182-ФЗ «Об основах системы профилактики правонарушений в Российской Федерации»;

- в случае отказа от исполнения законных требований представителей перевозчика и нецензурных высказываний в общественном транспорте – ст. 20.1. КоАП РФ «Мелкое хулиганство».

Результаты

Исходя из изложенного материала можно утверждать, что безбилетный проезд является деянием, нарушающим нормы общественного поведения, является антиобщественным деянием, которое постепенно становится нормой поведения и, по нашему мнению, необходимо рассмотреть вопрос о необходимости вернуть данное нарушение как норму статьи «Безбилетный проезд» в КоАП РФ. О важности такой меры для нормального функционирования общественного транспорта говорит и то, что такие города как Москва и Санкт-Петербург внесли безбилетный проезд в общественном городском транспорте в свои Кодексы об административных правонарушениях. А пригородный железнодорожный комплекс остался наедине с безбилетниками и имеющимися мерами, которые в настоящее время очень слабо работают.

На наш взгляд главная проблема с безбилетным проездом заключается в отсутствие проработанного инструментария реализации полномочий и прав, изложенных в федеральных законах и нормативно правовых актах. К таким проблемам можно отнести:

- отсутствие четко обозначенной административной ответственности за безбилетный проезд;
- не проработанность прав и полномочий у уполномоченных перевозчиком лиц, по противодействию безбилетного проезда, действий при отказе от законных требований, при агрессивном поведении безбилетника. На практике недостаток полномочий для взыскания штрафа и фактически отсутствие юридических последствий за безбилетный проезд;
- слабое взаимодействие с уполномоченными органами по взысканию штрафных санкций с безбилетного лица. В настоящее время прорабатывается вопрос об улучшении взаимодействия и обмена информации с ФССП.
- необходима более углубленная проработка инструментария реализации прав при взаимодействии с сотрудниками полиции, в каких случаях и под какое административное наказание попадают действия агрессивного безбилетника. Тут должен действовать принцип неотвратимости наказания, если безбилетник угрожает, оскорбляет, физически воздействует на уполномоченного сотрудника компании перевозчика, - то он должен в обязательном порядке понести наказание.

Грамотная система контроля в транспорте в значительной степени позволит минимизировать факты безбилетного проезда, улучшить транспортную систему и ее доходность, если она будет построена построенная на:

- человеческом и правовом ресурсе – когда уполномоченные перевозчиком контролеры наделены определенными правами (например, задерживать безбилетника до приезда полиции);
- административном ресурсе - высокие штрафы при неисполнении которых применяются дополнительные меры воздействия (начисление процентов, информация направляется бюро кредитных историй и работодателю); слаженная работа с правоохранительными и фискальными органами – быстрое исполнение принципа неотвратимости наказания.

В настоящей статье приведены некоторые примеры возможного административного воздействия на безбилетного пассажира и действий сотрудников полиции. Авторы считают, что данная тема важна не только для транспортного комплекса, но и для общества в целом и продолжают тему проработки инструментария

реализации полномочий и прав уполномоченных органов, их взаимодействия в противодействии антиобщественному деянию – безбилетный проезд.

Список литературы

1. Чеботарев С.С, Бондарь И.В. Основные задачи транспортной отрасли в сфере повышения качества и доступности логистических услуг для российского потребителя // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Том 14. № 6 -1. – С. 230 – 240.
2. Чеботарев С.С. Теоретические модели процессов функционирования логистических систем транспорта с учетом оценки показателя затрат // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Том 14. № 7-1. – С. 344 – 351.
3. Чеботарев С.С. Логистика инвестиций: оценка «эффективности» и эффективность оценки дисконтированных денежных потоков // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Том 14. № 4-1. – С. 245-255.
4. Чеботарев С.С., Проскурин Б.В. Логистика инновационных рисков в парадигме действия основных экономических законов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Том 14. № 4-1. – С. 235-244.
5. Чеботарев С.С. Логистика материального обеспечения, исследуемая как экономическая система // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Том 14. № 8 - 1. – С. 251 - 266.
6. Электронный ресурс Guideservice Danmark, Режим доступа: <https://www.guideservicedanmark.dk/history-time/stowaway> (дата обращения 22.09.2025).
7. Электронный ресурс GRUNGE, Engrid Barnet, Stowaways Whose Stories Didn't End In Disaster, 10.10.2023, Режим доступа: <https://www.grunge.com/457445/stowaways-whose-stories-didnt-end-in-disaster/> (дата обращения 22.09.2025).
8. Электронный ресурс, сайт РЖД, 30.08.2011, Режим доступа: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=108042> (дата обращения 22.09.2025).
9. Электронный ресурс, Российская газета №147(7313), 05.07.2017, Светлана Батова, Сколько денег ежегодно крадут безбилетные пассажиры электричек, Режим доступа: <https://rg.ru/2017/07/05/skolko-deneg-ezhegodno-kradut-bezbiletnye-passazhiry-elektrichek.html> (дата обращения 23.09.2025).
10. Электронный ресурс, Российская газета №194(8842), 31.08.2022, Ирина Рыбникова, Придуманы новые меры борьбы с безбилетниками в электричках, Режим доступа: <https://rg.ru/2022/08/31/solidolom-pamazano.html> (дата обращения 23.09.2025).
11. Электронный ресурс, Информационное агентство ТАСС, На железной дороге в 2024 году из-за неосторожности погибли 1 180 человек, 27.01.2025, Режим доступа: <https://tass.ru/proisshestviya/22984977> (дата обращения 27.09.2025).
12. Электронный ресурс, Информационное агентство Деловой Петербург, Травмы на ОЖД с начала года получили 80 человек, 54 пострадавших скончались, 16.07.2025, Режим доступа: <https://www.dp.ru/a/2025/07/16/travmi-na-ozhd-s-nachala-goda> (дата обращения 27.09.2025).
13. Электронный ресурс, Московские новости, «Зайцев нет: в США борются с произволом безбилетников, которые «крадут» у страны миллионы долларов», 24 апреля 2023, Режим доступа: <https://www.mn.ru/smart/zajcev-net-v-ssha-boryutsya-s-proizvolom-bezbiletnikov-kotorye-kradut-u-strany-milliony-dollarov> (дата обращения 29.09.2025).
14. Электронный ресурс, Российская газета, «Корреспонденты «РГ» рассказывают, как за рубежом борются с безбилетниками», 17.04.2011, Режим доступа: <https://rg.ru/2011/04/18/zaets.html> (дата обращения 29.09.2025).
15. Электронный ресурс, «Известия», Иван Петров, Заяц и долг: безбилетники – головная боль перевозчиков по всему миру, 18 февраля 2019, Режим доступа: <https://iz.ru/846300/ivan-petrov/zaiatc-i-dolg-bezbiletniki-golovnaia-bol-perevozchikov-po-vsemu-miru> (дата обращения 30.09.2025).
16. Электронный ресурс, ВЦИОМ, Почему россияне не платят за проезд, Режим доступа: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/pochemu-rossiyane-ne-platyat-za-proezd-> (дата обращения 30.09.2025).
17. Электронный ресурс, Информационное агентство Коммерсантъ, Дмитрий Бутрин, Безбилетный проезд и другие национальные ценности, 05.10.2018, Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3760241> (дата обращения 01.10.2025).

18. Электронный ресурс, ВЦИОМ, Режим доступа: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheski-obzor/rossiyane-opredelilis-s-moralny-top-5-amoralnykh-postupkov> (дата обращения 01.10.2025).

References:

1. Chebotarev S.S., Bondar I.V. The main objectives of the transport industry in improving the quality and accessibility of logistics services for the Russian consumer // *Economics: Yesterday, Today, and Tomorrow*. – 2024. – Vol. 14. No. 6-1. – Pp. 230-240.
2. Chebotarev S.S. Theoretical models of the functioning processes of transport logistics systems, taking into account the cost indicator assessment // *Economics: Yesterday, Today, and Tomorrow*. – 2024. – Vol. 14. No. 7-1. – Pp. 344 – 351.
3. Chebotarev S.S. Investment logistics: assessment of “efficiency” and efficiency of assessment of discounted cash flows // *Economy: yesterday, today, tomorrow*. – 2024. – Vol. 14. No. 4-1. – Pp. 245-255.
4. Chebotarev S.S., Proskurin B.V. Logistics of Innovative Risks in the Paradigm of the Main Economic Laws // *Economics: Yesterday, Today, and Tomorrow*. – 2024. – Vol. 14. No. 4-1. – Pp. 235-244.
5. Chebotarev S.S. Logistics of Material Support, Studied as an Economic System // *Economics: Yesterday, Today, and Tomorrow*. – 2024. – Vol. 14.
6. E`lektronny`j resurs Guideservice Danmark, Rezhim dostupa: <https://www.guideservicedanmark.dk/history-time/stowaway> (data obrashheniya 22.09.2025).
7. E`lektronny`j resurs GRUNGE, Engrid Barnet, Stowaways Whose Stories Didnt End In Disaster, 10.10.2023, Rezhim dostupa: <https://www.grunge.com/457445/stowaways-whose-stories-didnt-end-in-disaster/> (data obrashheniya 22.09.2025).
8. E`lektronny`j resurs, sayt RZhD, 30.08.2011, Rezhim dostupa: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=108042> (data obrashheniya 22.09.2025).
9. E`lektronny`j resurs, Rossijskaya gazeta №147(7313), 05.07.2017, Svetlana Batova, Skol`ko deneg ezhegodno kradut bezbiletny`e passazhiry` e`lektrichek, Rezhim dostupa: <https://rg.ru/2017/07/05/skolko-deneg-ezhegodno-kradut-bezbiletnye-passazhiry-elektrichek.html> (data obrashheniya 23.09.2025).
10. E`lektronny`j resurs, Rossijskaya gazeta №194(8842), 31.08.2022, Irina Ry`bnikova, Pridumany` novy`e mery` bor`by` s bezbiletnikami v e`lektrichkax, Rezhim dostupa: <https://rg.ru/2022/08/31/solidolom-namazano.html> (data obrashheniya 23.09.2025).
11. E`lektronny`j resurs, Informacionnoe agentstvo TASS, Na zheleznoj doroge v 2024 godu iz-za neostorozhnosti pogibli 1 180 chelovek, 27.01.2025, Rezhim dostupa: <https://tass.ru/proisshestiya/22984977> (data obrashheniya 27.09.2025).
12. E`lektronny`j resurs, Informacionnoe agentstvo Delovoj Peterburg, Travmy` na OZhD s nachala goda poluchili 80 chelovek, 54 postradavshix skonchalis`, 16.07.2025, Rezhim dostupa: <https://www.dp.ru/a/2025/07/16/travmi-na-ozhd-s-nachala-goda> (data obrashheniya 27.09.2025).
13. E`lektronny`j resurs, Moskovskie novosti, «Zajcev net: v SShA boryutsya s proizvolom bezbiletnikov, kotory`e «kradut» u strany` milliony` dollarov», 24 aprelya 2023, Rezhim dostupa: <https://www.mn.ru/smart/zajcev-net-v-ssha-boryutsya-s-proizvolom-bezbiletnikov-kotorye-kradut-u-strany-millions-dollarov> (data obrashheniya 29.09.2025).
14. E`lektronny`j resurs, Rossijskaya gazeta, «Korrespondenty` «RG» rasskazy` vayut, kak za rubezhom boryutsya s bezbiletnikami», 17.04.2011, Rezhim dostupa: <https://rg.ru/2011/04/18/zaets.html> (data obrashheniya 29.09.2025).
15. E`lektronny`j resurs, «Izvestiya», Ivan Petrov, Zayacz i dolg: bezbiletniki – golovnaya bol` perevozhnikov po vsemu miru, 18 fevralya 2019, Rezhim dostupa: <https://iz.ru/846300/ivan-petrov/zaiatc-i-dolg-bezbiletniki-golovnaia-bol-perevozhnikov-po-vsemu-miru> (data obrashheniya 30.09.2025).
16. E`lektronny`j resurs, VCIOM, Pochemu rossiyane ne platyat za proezd, Rezhim dostupa: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheski-obzor/-pochemu-rossiyane-ne-platyat-za-proezd-> (data obrashheniya 30.09.2025).
17. E`lektronny`j resurs, Informacionnoe agentstvo Kommersant`, Dmitrij Butrin, Bezbiletny`j proezd i drugie nacional`ny`e cennosti, 05.10.2018, Rezhim dostupa: <https://www.kommersant.ru/doc/3760241> (data obrashheniya 01.10.2025).

18. Elektronny'j resurs, VCIOM, Rezhim dostupa: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/rossiyane-opredelilis-s-moralnyu-top-5-amoralnykh-postupkov> (data obrashheniya 01.10.2025).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пыжова Жанна Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент, Заведующая кафедрой экономики и менеджмента, Проректор по экономической деятельности и информационной политике, Волжский государственный университет водного транспорта, 603950, Российская Федерация, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5; e-mail: pyzhova.zu@vsuwt.ru

Zhanna Yu. Pyzhova, PhD in Economics, Associate Professor, Head of Economics and Management Department, Vice-Rector for Economic Activities and Information Policy, Volga State University of Water Transport, 603950, 5, Nesterova str., Nizhny Novgorod, Russian Federation; e-mail: pyzhova.zu@vsuwt.ru

Пешехонов Павел Николаевич, начальник отдела качества и работы с обращениями граждан АО «Северо-Западная пригородная пассажирская компания» (190068, г. Санкт-Петербург, Римского-Корсакова пр., д. 47, лит. А)? e-mail: orb.pfo@mail.ru

Pavel N. Peshekhonov, head of the Department of Quality and work with citizens' appeals of JSC «North-Western Suburban Passenger Company» (190068, St. Petersburg, Rimsky-Korsakov ave., 47, lit. A)? e-mail: orb.pfo@mail.ru

Юсупов Рустам Мунирович, профессор кафедры «Логистика и управление транспортными комплексами» ФГБОУ ВО РУТ (127055, г. Москва, ул. Образцова, д.9, стр.9), e-mail: yusupov-06@mail.ru

Rustam M. Yusupov, professor of the Department of Logistics and Management of Transport Complexes, Russian University of Transport (127055, Moscow, Obraztsova Street, 9, Building 9), e-mail: yusupov-06@mail.ru

Абросимова Анна Александровна, к.э.н., доцент кафедры «Менеджмента и государственного управления», Институт экономики, Нижегородский Государственный Университет им. Н.И. Лобачевского, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина 23, e-mail: Ann-serova@mail.ru

Anna A. Abrosimova, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Management and Public Administration, Institute of Economics, Lobachevsky Nizhny Novgorod State University, Nizhniy Novgorod, Gagarin ave. 23, e-mail: Ann-serova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20.09.2025; принята к публикации 20.10.2025; опубликована онлайн 20.09.2025. Received 20.10.2025; published online 20.12.2025.

УДК 338.364.4

DOI: 10.37890/jwt.vi85.656

Алгоритм разработки логистических агентов для динамического расчета маршрута, справочной системы предприятия и транзакций

М.В. Фирсов

ORCID: 0009-0001-1377-1598

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Отрасли грузоперевозок, логистики и коммерческого транспорта постоянно внедряют значительное количество технологических инноваций, позволяющих повысить экономическую эффективность. Одно из направлений совершенствования бизнес-процессов в логистике – внедрение искусственного интеллекта и AI-агентов.

Выявлены основные направления применения AI-агентов в логистике.

Проанализирована технология работы AI-агентов.

Предложен круг задач и алгоритмы разработки логистических агентов для расчета маршрута, справочной системы предприятия и транзакций. Акцент сделан на обеспечении минимальных затрат на выполнение запросов пользователей и увеличение скорости и адекватности ответов за счет параллельной обработки и применения алгоритмов фильтрации.

Изучены подходы к обеспечению кибербезопасности внутренних баз предприятия при работе пользователей с AI-агентами, использующими запросы к внешним LLM моделям.

Ключевые слова: бизнес-процесс, искусственный интеллект, технология разработки AI-агента, логистика, обучение нейронных сетей.

Algorithm for developing logistics agents for dynamic route calculation, enterprise reference system and transactions

Michail V. Firsov

ORCID: 0009-0001-1377-1598

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.

Abstract. The freight transportation, logistics, and commercial transport industries are constantly introducing a significant number of technological innovations that improve economic efficiency. One of the ways to improve business processes in logistics is through the use of artificial intelligence and AI-agents.

The article identifies the main areas where AI-agents can be used in logistics.

It also analyzes the technology used by AI-agents.

The article proposes a set of tasks and algorithms for developing logistics agents to calculate routes, enterprise reference systems, and transactions. The focus is on ensuring minimal costs for fulfilling user requests and increasing the speed and adequacy of responses through parallel processing and the use of filtering algorithms.

The approaches to ensuring the cybersecurity of internal enterprise databases when users work with AI-agents using requests to external LLM models are studied.

Keywords: business process, artificial intelligence, AI agent development technology, logistics, neural network training.

Постановка проблемы

Исследования ряда ученых посвящены оптимизации распределения грузопотоков. Например, О.И. Карташова представила экономико-математическую модель выбора оптимальных схем доставки грузов через объекты региональной транспортной инфраструктуры и терминалы (для уменьшения стоимости перевозок и уменьшения порожних рейсов), как комплексную, охватывающую регион [1, 2, 3].

Однако данная модель представляет собой статическую модель, рассчитанную на определенную категорию грузов. Хотелось бы взглянуть на проблему оптимизации перевозок еще шире. А именно, с точки зрения применения динамической модели к широкой номенклатуре грузов и мульти модальных перевозок, высоком уровне конкуренции, применения для расчетов современных информационных технологий. В динамической модели участвуют множество факторов (моментальное изменение цен, заторы (пробки), вид груза, зоны доставки, траектории и др.

В данном исследовании акцент сделан на обзоре применения технологии проектирования AI-агентов, обеспечивающих расчеты по динамически меняющимся траекториям (в зависимости от изменения условий альтернативных маршрутов перевозки). При этом нужно обеспечить трансформацию бизнес-процессов согласно методологии разработки эффективных бизнес-процессов [4, 5].

AI-агенты оптимизируют логистику и маршруты, уменьшают время доставки и прогнозируют себестоимость доставки и потребности в обслуживании транспортных средств. Логистические компании, например, UPS и FedEx, внедрили расчет маршрутов на базе AI, чтобы минимизировать задержки и расходы на топливо. AI-агенты могут использоваться в обслуживании клиентов совместно со справочными системами предприятия.

AI-агент – это автономная система, использующая возможности больших языковых моделей (LLM), таких как GPT и другие подобные, для выполнения конкретных задач пользователя.

LLM обучены на огромных массивах данных и отлично справляются с ответами на текстовые вопросы, но пока недостаточно качественно анализируют документы. LLM модели обучаются с отставанием, у них нет свежих данных. Кроме того, не имеют они и данных, связанных с бизнес-процессами конкретных предприятий по соображениям безопасности. На помощь приходит AI-агент [6].

AI-агент может попытаться добыть данные самостоятельно, наполнить бизнес-процессы предприятия дополнительными данными для клиента и бизнес-аналитики. Агент может выполнять функции BI-аналитика, создавая и оказывая более продвинутые и качественные услуги клиенту.

Цель статьи – представить алгоритм разработки логистических агентов для динамического расчета маршрута, справочной системы предприятия и транзакций для внедрения в логистических системах с учетом выявленных направлений применения AI-агентов.

Внутренние процессы, структура и взаимодействие AI-агентов

В сравнении с простыми чат-ботами, AI-агенты способны самостоятельно планировать, принимать решения и взаимодействовать с внешним миром через API и различные инструменты. AI-агенты строятся по модульному принципу в зависимости от реализуемых функций.

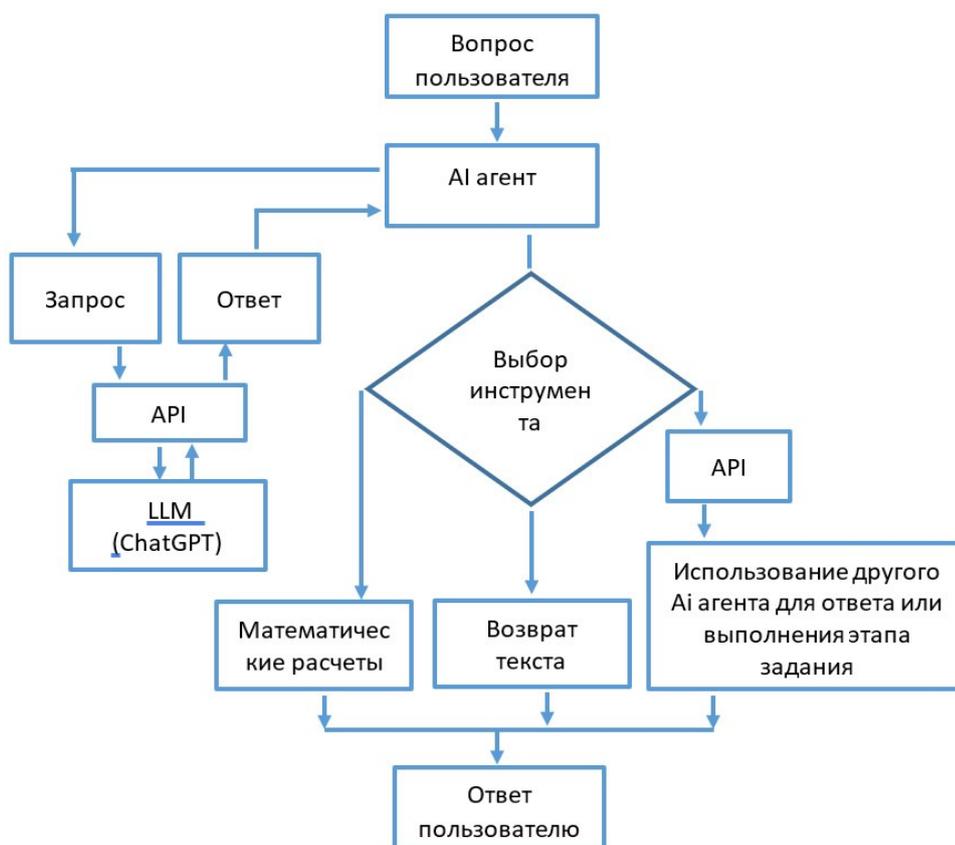


Рис. 1. Схема взаимодействия в мультиагентной системе

Создание собственного AI-агента предоставляет следующие преимущества:

- Автоматизация большого круга рутинных задач. Агенты успешно обрабатывают данные, формируют отчеты, отвечают на задаваемые вопросы;
- Персонализация взаимодействия с клиентами. AI-агенты учитывают большой диапазон дополнительных требований клиентов.
- Увеличение эффективности бизнес-процессов. Интеграция AI-агентов в существующие системы управления предприятием позволяет оптимизировать бизнес-процессы и снизить затраты.
- Создание новых продуктов и услуг: AI-агенты часто предлагают новые решения с уникальной ценностью. Могут создавать решения по обработке нестандартных документов с различным расширением (doc, xls, pdf, ppt и др.).

Технология работы ИИ-агента

Агент получает задачу, разбивает её на подзадачи, выбирает подходящие инструменты (например, поиск в интернете, API CRM-системы, API модуля расчетов).

Далее агент выполняет подзадачи, проверяет промежуточные результаты и корректирует свои действия, пока цель не будет достигнута. Ключевым элементом процесса работы агента является цикл планирования, выполнения и оценки (рис.2).

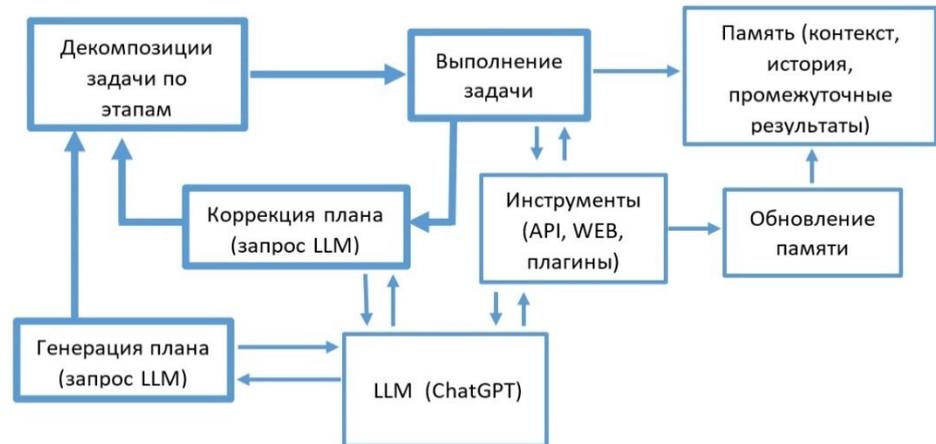


Рис. 2. Внутренние процессы в AI агенте

При этом AI -агенты не только выполняют задачи по поиску и анализу данных, но и могут самостоятельно выполнять транзакции (бронировать услуги, заключать сделки), подключаясь к системам или базам данных через API.

Любой AI -агент включает следующие элементы:

- Пользовательский интерфейс (интернет-сайт, приложение на смартфоне или API). Интерфейс может быть голосовым, текстовым или мультимедийным, включая обработку изображений и других типов данных и документов (pdf и др.).
- Модель. Используются как правило, несколько моделей. Большая языковая модель (LLM), например, ChatGPT, GigaChat, YandexGPT и т.п., а также их разновидности меньшего размера и специализированные под конкретные задачи – модели mini либо opensource- стационарные. Opensource-стационарные модели можно доучивать под запросы предприятия на его данных. Если в обучающем наборе не было данных, связанных с конкретным запросом пользователя, агент выдаст неадекватную информацию. Это касается и LLM моделей, и специализированных. Выбор модели зависит от тематики запроса, сложности задачи и бюджета. В некоторых случаях проще и дешевле обратиться к базе предприятия или простому поиску на портале.
- Контур рассуждений (Reasoning Loop). Контур рассуждений является основным алгоритмом AI-агента, который разбивает задачу на последовательность шагов, оценивает каждый шаг и выполняет соответствующие действия.

Например, при отправке груза агент сначала выбирает конечный и промежуточные пункты и учитывает дополнительные детали, такие как тип груза, бюджет, страховка, скорость доставки, контроль доставки с помощью смарт-контракта.

При организации поездки агент сначала выбирает подходящие даты, затем ищет рейсы, бронирует отель и учитывает дополнительные детали, такие как бюджет, такси, страховка, экскурсии, наличие детей.

Шаги для решения задачи определяют процесс рассуждений агента, который организуется в виде цепочки, дерева или графа.

Для простых задач подходит подход Chain of Thought (CoT), где каждое действие следует за предыдущим.

Для более сложных задач используются подходы Tree of Thought или Graph of Thought, которые учитывают варианты развития событий.

Подход Chain of Thought (Цепочка мыслей) предполагает анализ задачи по шагам. Агент разбивает процесс на логические этапы.

Подход Tree of Thought (Дерево мыслей) расширяет возможности Chain of Thought, позволяя агенту рассматривать альтернативные варианты решений. Подход используется для задач с неопределённостью или большим количеством альтернатив. Например, при разработке маршрута перевозки агент анализирует различные сценарии (результаты различных вариантов мульти модальных перевозок) и выбирает наиболее эффективный (в зависимости от изменения одного-двух факторов).

Подход Graph of Thought (Граф мыслей) подходит для сложных задач с множеством взаимосвязанных элементов. Вместо линейной или древовидной структуры агент строит граф, где узлы представляют ключевые данные или этапы задачи, а связи между узлами определяют их взаимозависимости. Например, агент управляет логистической цепочкой, учитывая траекторию маршрутов, зону доставки, время доставки, запасы и транспортные ограничения: тоннаж, заторы, вид груза.

В рамках цепочки рассуждений AI-агент совмещает анализ и действия в одной итерации. Это позволяет агенту «рассуждать», формируя выводы, корректировать их в зависимости от полученной порции данных.



Рис. 3. Схема расчета маршрута и стоимости перевозок с участием AI-агента

После планирования своих действий для выполнения задач AI-агенты используют инструменты и API, чтобы взаимодействовать с внешними системами, сервисами. Например, для подбора перевозчиков AI-агент может использовать API логистических компаний, автоперевозчиков, железных дорог, авиакомпаний, а также API специализированных сервисов для расчета кратчайшего маршрута и стоимости доставки. AI-агент может подключаться к CRM-системам, системам аналитики, Google

AdsI для управления рекламными кампаниями, социальным сетям и т.д., получать другие дополнительные услуги.

Если агент сталкивается с ограничениями, например, отсутствием свободного места на судне, он запрашивает у пользователя дополнительные параметры по времени или по альтернативному маршруту. Либо цепочка из набора альтернативных маршрутов с примером расчета должна быть передана агенту вместе с первоначальным запросом. Чтобы повысить вероятность ответа, можно одновременно задавать готовую цепочку и использовать возможности самого агента.

Для бронирования перевозчиков агент может отправлять предварительный запрос, анализировать, ответ и согласиться с ценой или предложить новые условия в зависимости от примера скрипта, загруженного пользователем.

На рис.3 представлена схема применения AI-агента для расчета маршрута и стоимости перевозок. Из схемы видно, что AI-агент является дополнительным модулем для базовой справочной системы, работающей на базе внутренних хранилищ информации и модулей для расчетов.

Основные направления применения AI-агентов в логистике представлены на рис.4.

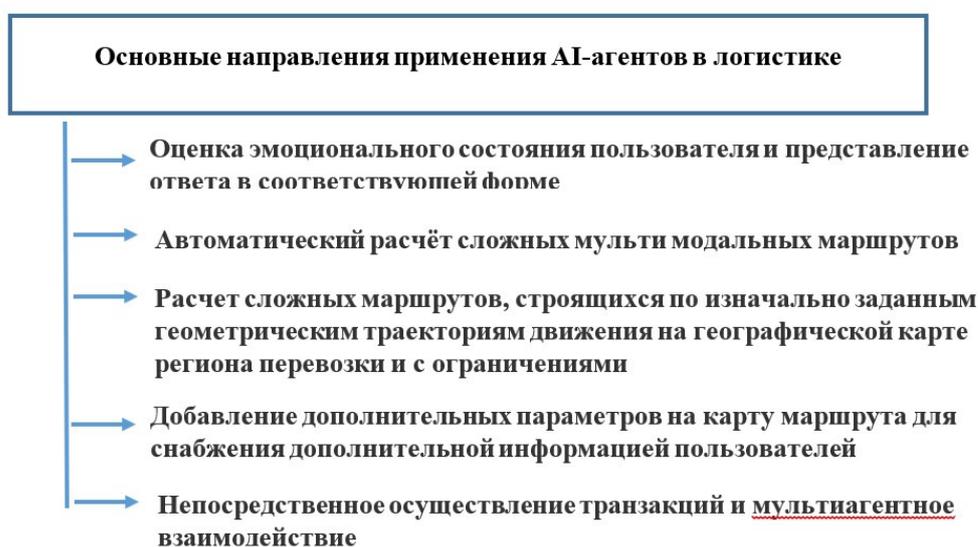


Рис. 4. Основные направления применения AI-агентов в логистике

Основные этапы создания AI-агента

В первую очередь определяют цель агента. В нашем случае, это расчет маршрута и стоимости перевозок.

Затем определяют функционал агента. Для этого определяют:

- Действия агента для достижения цели;
- Необходимые инструменты. Например, доступ к LLM API (GPT API), а также, возможно, к базам данных логистических компаний, к модулю расчета кратчайшего пути.

Нужно выбрать и сконфигурировать векторную базы данных. Следует предусмотреть скрипты загрузки и обработки данных (загрузить текстовые файлы, документы PDF или данные из базы данных), подготовить данные к индексации. Предусмотреть алгоритм разделения текста на чанки (порции).

После загрузки и обработки данных создают векторные представления (эмбеддинги) для каждого фрагмента текста для сохранения в векторной базе данных.

Определяют способы взаимодействия с агентом (текстовый, графический интерфейс или API). Определяют способы задания целей, предоставления контекста и получения результатов.

Параметры LLM (температура, частота и штраф за повторение) влияют на креативность и предсказуемость ответов. Оптимальные значения (изменяются от 0 до 1) зависят от конкретной задачи. Высокая температура приводит к креативности и разнообразию ответов (случайности), но снижает их точность.

Логика агента реализуется через его реакцию на ситуации и методику выполнения задач с помощью условных операторов, циклов и других конструкций программирования. Предусматривают различные сценарии поведения агента.

Тщательно тестируют агента на различных сценариях и входных данных. Для отладки используются инструменты логирования и отслеживания выполнения кода [7].

Анализ результатов тестирования позволяет улучшить его производительность. Для оценки точности ответов, скорости работы и эффективности использования ресурсов используют метрики:

- Точность: Соответствие ответов фактической информации (конкретные числа, даты).
- Релевантность: Семантическое соответствие ответов запросу пользователя.
- Полнота: Предоставление всей необходимой информации (исходя из формулировки пользователя). Однако агент может сам предвидеть шаги пользователя и предоставлять релевантные данные даже при скудности первоначальной информации).
- Связность: Логичность и структурированность ответов, взаимосвязь элементов ответа.
- Стоимость запросов.

Технология обогащения запроса данными предприятия

Чтобы создавать интеллектуальные приложения, способные решать широкий круг задач, AI-агенты для реализации своей внутренней цепочки мыслей, используют внешние LLM модели.

При этом компания использует внутренние документы для генерации ответов на вопросы пользователя, которые не передают на сторону из соображения безопасности.

LLM ничего не знает об этих документах. Для их использования возможны два подхода: доучивать стационарную LLM модель данными компании или использовать RAG (Retrieval-Augmented Generation).

Чаще применяют вариант с использованием RAG, когда к LLM модели подсоединяют поиск по информации компании (базе знаний). RAG (Retrieval-Augmented Generation) – это подход, который совмещает поиск в базе знаний и генерацию текста на основе языковой модели.

Перед обращением к LLM-модели RAG извлекает релевантную информацию из других источников (например, векторной базы данных, поисковые системы). Полученная информация выступает в качестве контекста для генерации ответа. Это кардинально (в разы) улучшает точность и актуальность генерируемого текста. Во время работы приложения происходит постоянный анализ данных, чтобы направить формирование результата в правильном направлении.

LLM-модели постоянно совершенствуются. Однако недостаточно полагаться только на LLM, управление процессом обработки данных приносит гораздо больший результат.

Основные этапы RAG (рис.5):

- Извлечение (Retrieval). Получение релевантной информации из базы знаний на основе запроса пользователя.

- Дополнение (Augmentation). Дополнение запроса извлеченной информацией.
- Генерация (Generation): Генерация ответа языковой моделью с помощью дополненного запроса.

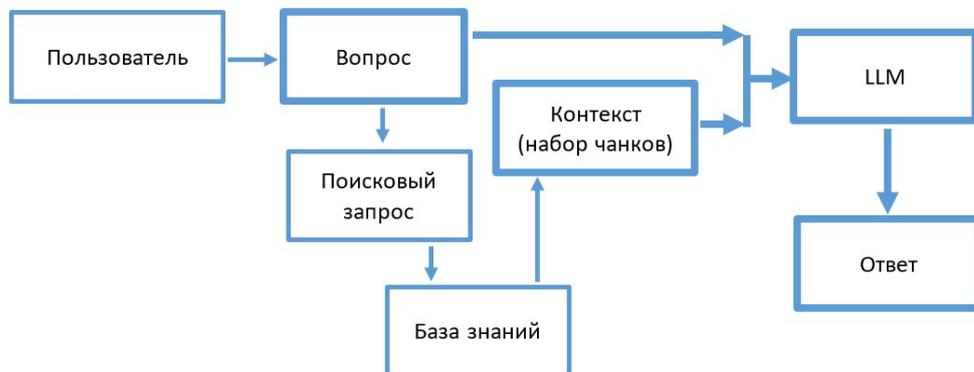


Рис. 5. Цикл RAG

Использование RAG в AI-агентах предоставляет ряд преимуществ:

- Повышенные точность и актуальность. Агент имеет доступ к актуальной информации, что снижает вероятность генерации неверных или устаревших ответов.
- Управляемость процессом обработки информации. Можно отследить, какая информация была извлечена из базы знаний, как была обработана, сравнить работу LLM с агентом и без него.
- Адаптивность к изменению данных: Изменения в базе знаний не требуют никакого переобучения всей языковой модели.
- Снижение галлюцинаций: RAG минимизирует случаи, когда языковая модель генерирует информацию, не основанную на фактах.

При применении RAG важно обеспечить минимальные затраты на выполнение запросов пользователей. Для этого агент постоянно анализирует разницу затрат на использование больших LLM и LM mini (с меньшим функционалом) или стационарных моделей и качество ответа различных моделей (рис.6). Разница в разы. Соответственно, если модель mini справляется и выдает адекватный запрос, для экономии затрат лучше использовать ее, а не дорогую большую LLM. А в некоторых случаях достаточно использовать внутренние базы знаний.

Для выбора варианта работы RAG задачи пользователя необходимо фильтровать на входе по сложности (насыщенности деталями) и тематике.

Для повышения релевантности можно перефразировать запрос для улучшения соответствия векторным представлениям данных [[8, 9, 10].

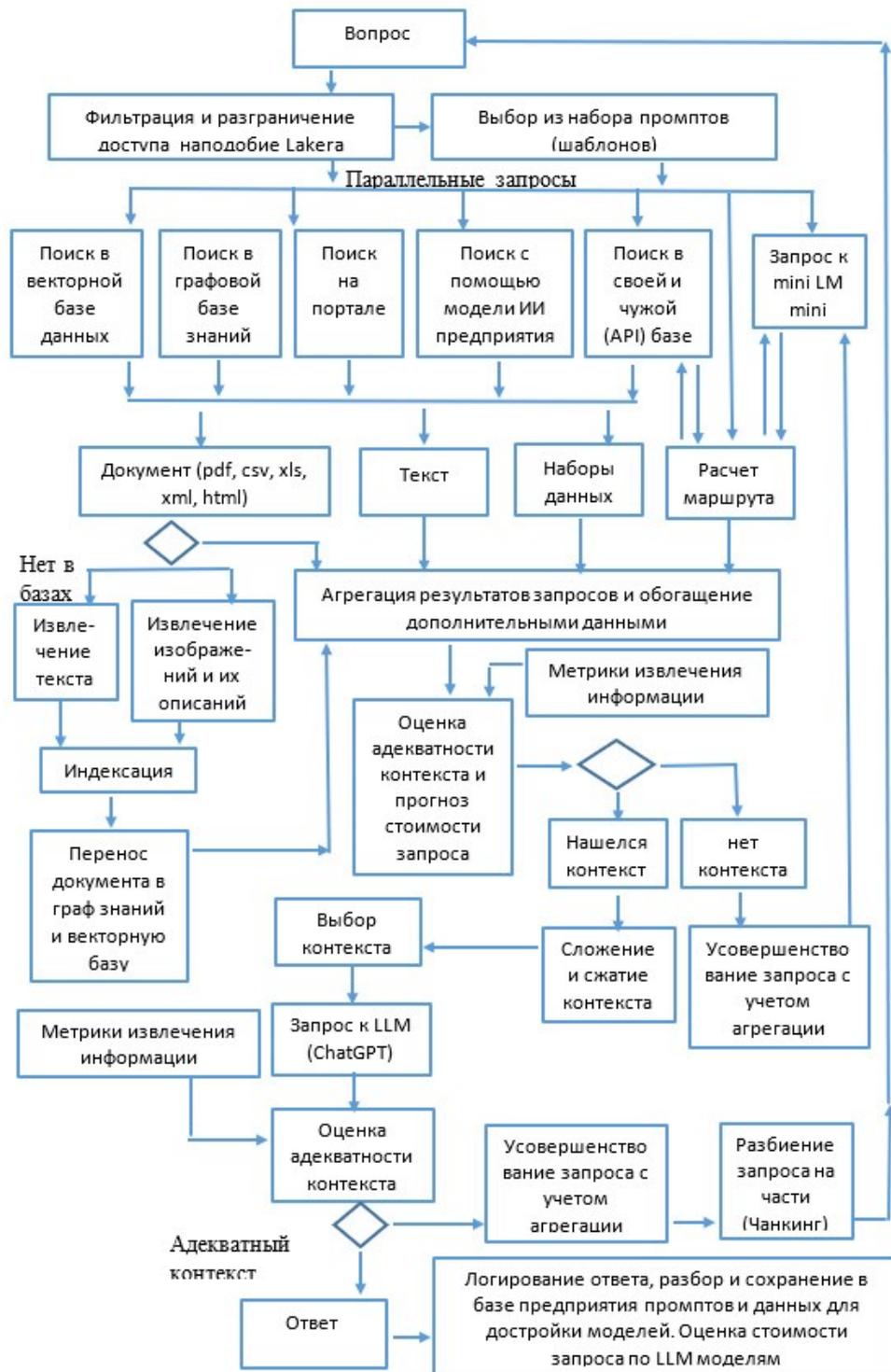


Рис. 6. Алгоритм выполнения запроса пользователя по расчету маршрута в логистической системе с использованием агента ИИ

При заданном условии некоторой допустимой стоимости запроса и адекватности (качестве) ответа, для обеспечения скорости можно выполнять одновременные параллельные запросы к внутренним базам, LLM mini и к поисковой системе, далее ранжировать, фильтровать и агрегировать промежуточный результат для нового запроса, но уже к большой LLM. Ранжирование результатов из разных источников позволяет защититься от галлюцинаций LLM модели.

На рис.6 представлен алгоритм выполнения запроса пользователя по расчету маршрута в логистической системе с использованием агента ИИ. Алгоритм дополнен индексацией данных в базах, обеспечением безопасности доступа, логированием и сохранением в базах вновь полученных критических данных.

Параллельные запросы уменьшают задержки ответа, а уменьшение галлюцинаций сокращает количество вызовов LLM.

Для оптимизации затрат необходимо:

- тщательно фильтровать запросы;
- тщательно фильтровать параллельные запросы на основе динамически вычисляемых метрик надежности по промптам и источникам в базах знаний и LLM (в графовых моделях) ;
- использовать наиболее подходящую модель для задачи;
- сокращать длину запросов к API;
- кэшировать результаты запросов;
- фильтровать дублирующие запросы;
- ограничивать количество запросов в единицу времени.

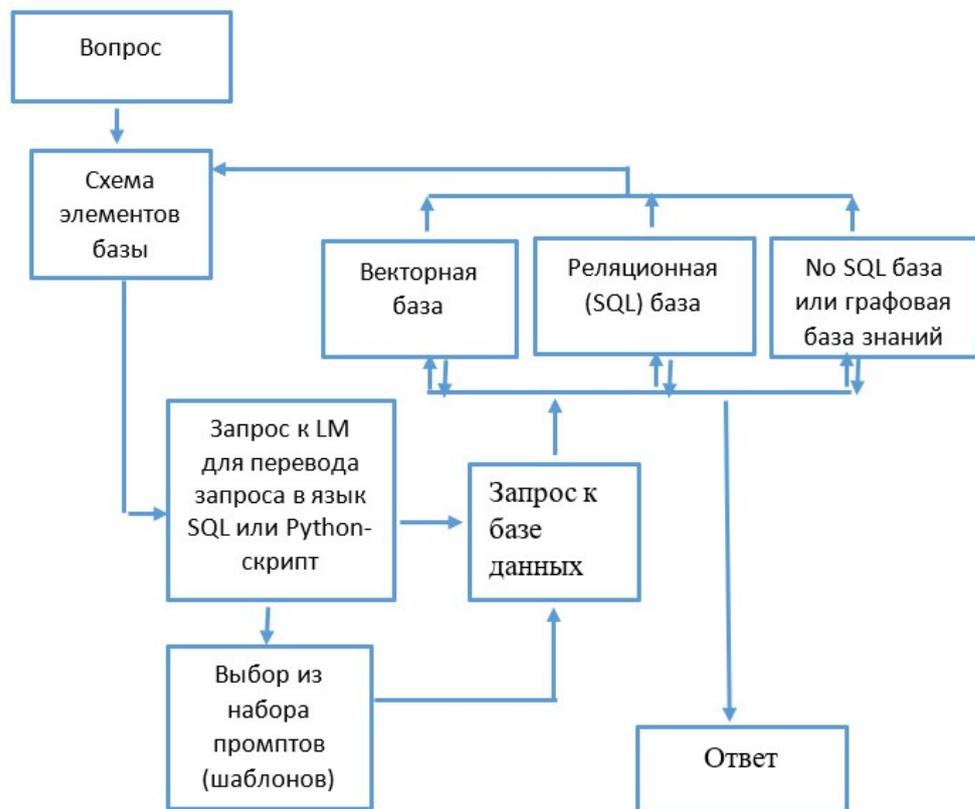


Рис. 7. Схема запроса к базе данных с помощью LLM

На рисунке 7 показан более подробно алгоритм обращения к базе данных с помощью LLM. Основной акцент сделан на переводе текстового запроса в команды на языке SQL и Python-скрипт с помощью LLM модели, схемы элементов базы и примеров запросов. Промпты могут выбираться и на основе внутренней базы знаний без участия LLM (как минимум, на простых запросах). Таким образом формируется AI BI-система.

Риски, связанные с использованием ИИ-агентов

В первую очередь, это недостоверность данных. Что приводит к ошибкам при анализе и прогнозировании.

Второе, это недостаточная кибербезопасность. Для повышения устойчивости разрабатывают алгоритмы логирования, анализа и предупреждения угроз.

Например, программное обеспечение Lakera, управляемое искусственным интеллектом, постоянно сканирует системы искусственного интеллекта на наличие индикаторов вредоносного поведения. Технология может выявлять и предотвращать атаки «с оперативным внедрением» в режиме реального времени, выявляя аномалии и подозрительные тенденции, определяя местонахождение угрозы и защищая личную информацию.

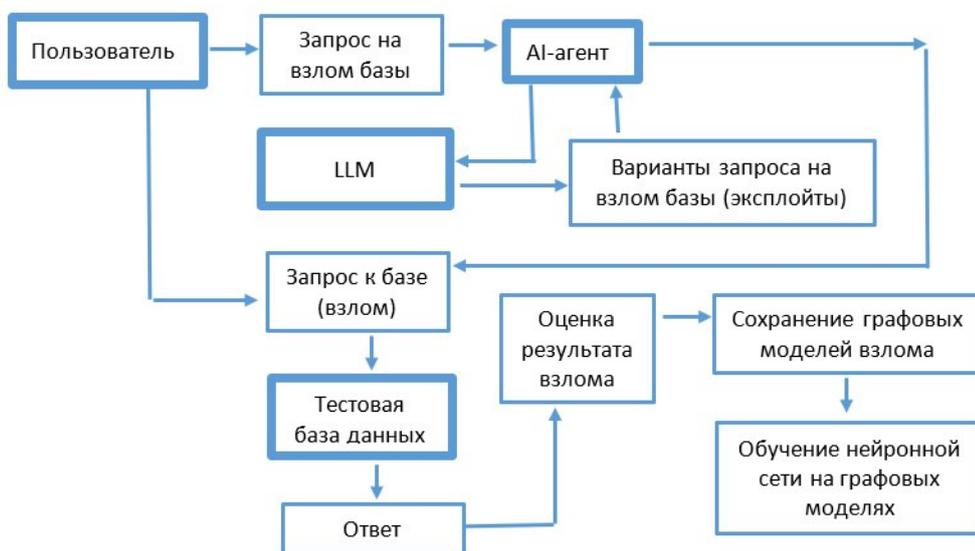


Рис. 8. Алгоритм разработки нейронной сети прогнозирования кибератак

Lakera идентифицирует, классифицирует и сохраняет графовые модели основных атак. К ним относятся: прямые атаки; джейлбрейк; уклонение от атак; атаки с несколькими подсказками; ролевые игры; дублирование моделей; обфускация (контрабанда токенов); многоязычные атаки; случайная утечка контекста.

Благодаря этому клиенты Lakera могут сравнивать свои входные данные с графовыми структурами в масштабе. Графовая модель постоянно обновляется. Обученная на временных рядах графовых структур нейронная сеть выявляет и предсказывает кибератаки [11].

Базовый набор промптов кибератак формируется на основе тестовой базы знаний путем симуляции кибератак через LLM. Пользователь, по-разному формулируя задачу, «просит» LLM взломать базу предприятия, перебирая все возможные инструменты. Также пользователь может передать запрос на взлом базы AI-агенту (рис.8).

Заключение

Проанализирована технология работы AI-агентов.

Предложен круг задач и алгоритмы разработки логистических агентов для расчета маршрута, справочной системы предприятия и транзакций. Акцент сделан на обеспечении минимальных затрат на выполнение запросов пользователей и увеличение скорости и адекватности ответов за счет параллельной обработки и применения алгоритмов фильтрации.

Изучены подходы к обеспечению кибербезопасности внутренних баз предприятия при работе пользователей с AI-агентами, использующими запросы к внешним LLM моделям. Описан подход к разработке нейронной сети для прогнозирования кибератак.

Для проектирования собственных нейронных сетей и AI-агентов с различной сложностью под конкретный проект и уровень навыков специалистов необходимо разработать свой сервис по автоматическому обучению нейронных сетей, либо искать профессиональные платные [12].

Список литературы:

1. О.И. Карташова. Экономико-математическая модель выбора оптимальных схем доставки с участием водного транспорта и использованием объектов региональной транспортной инфраструктуры. / О.И. Карташова // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. - №79(2) .- С.131–140.
2. В.В. Цверов, О.Л. Домнина, Д.И. Мамедов, У. Герби. Системный подход к поставкам нерудных строительных материалов на речном транспорте. / В.В. Цверов // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. - №79(2) .- С.176–189.
3. Е.И. Вершинина, М.В. Никулина, Ю.И. Платов. Особенности планирования и оценки работы судов малых судоводных предприятий на современном этапе. №79(2), 2024 стр.201-208
4. Фирсов М.В. Методология разработки эффективных структур бизнеса/ М.В. Фирсов // Предпринимательство. – 2004. - №5. - С.64.
5. Фирсов М.В. Механизм эффективного управления бизнес-процессами малого предпринимательства. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / М.В. Фирсов. – Москва, 2000.
6. Что такое LLM — большие языковые модели <https://selectel.ru/blog/that-is-llm/?ysclid=mer48gac1w635334084>
7. Гайд по разработке и внедрению мультиагент-ных систем в корпоративную среду <https://giga.chat/b2b/multi-agent-system> (дата обращения 08.08.2025).
8. Как мы оцениваем точность ответов основанного на RAG AI-помощника <https://habr.com/ru/companies/alfastrah/articles/889042/>
9. Что такое Retrieval-Augmented Generation (RAG) в языковых моделях и как оно работает?. - 6 сен 2024 в 17:33. - <https://habr.com/ru/articles/841428> (дата обращения 08.08.2025).
10. Максим Ведерников. AI-агенты на основе LLM и мультиагентные системы. - 28 ноября 2024. - <https://blogs.epsilonmetrics.ru/ii-agenty-i-multiagentnye-sistemy/?ysclid=meldxgvsxg240360973> (дата обращения 08.08.2025).
11. Фирсов М.В. Концепция разработки компонентов безопасности на основе развития бизнес-процессов логистики компании./ М.В. Фирсов // Научные проблемы водного транспорта. – 2024. - №79(2) .- С.164–176.
12. .Smirnov Valeriy. ANNA – сервис для автоматической разработки нейронных сетей. - 1 апр 2024 в 10:03. - <https://habr.com/ru/companies/alfa/articles/804085> (дата обращения 08.08.2025).

References:

1. O.I. Kartashova.. Economiko-matenaticheskaya model vibora optimaljnih shem dostavki s uchastiem vodnogo transporta i ispolzovanija objektov regionalnoi transportnoi infrastrukturi. [Economic and Mathematical Model of Choosing Optimal Delivery Schemes Involving Water Transport and Using Regional Transport Infrastructure Facilities]./ O.I. Kartashova// Scientific problems of water transport. 2024, no 79, pp. 131–140. (In Russ).

2. Tzverov V.V., Domnina O.L., Mamedov D.I., Gerbi U.. Sistemnii podhod k postavkam nerudnih stroitel'nykh materialov na rechnom transporte [A systematic approach to the supply of non-metallic construction materials by river transport] / O.I. Kartashova// Scientific problems of water transport. 2024, no 79, pp. 176–189. (In Russ).
3. Vershinina E.I., Nikulina M.V., Platov Yu.I. Osobennosti planirovaniya i otenki raboti sudov malih sudohodnih predpriyatii na sovremennom etape [Features of planning and evaluating the work of small shipping companies at the current stage]/ O.I. Kartashova// Scientific problems of water transport. 2024, no 79, pp. 201–209 (In Russ).
4. Firsov M.V. Metodologia razrabotki effektivnykh struktur biznesa [Methodology for Developing Effective Business Structures] // Entrepreneurship. 2004, no 5, pp. 64. (In Russ).
5. Firsov M.V. Mehanizm effektivnogo upravleniya biznes-protsesami malogo predprinimatel'stva. Disertatsiya na soiskaniye uchenoi stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk [The mechanism of effective management of small business processes. Dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences]. Moscow, 2000.
6. Chto takoye LLM – bol'shiye jazikovyye modeli [What is LLM — Large Language Models] Available at: <<https://selectel.ru/blog/that-is-llm/?ysclid=mer48gac1w635334084>> (accessed 08.08.2025).
7. Gaid po razrabotke i vnedreniyu multiagentnykh sistem v korporativnuyu sredu [Guide to developing and implementing multi-agent systems in an enterprise environment] Available at: <<https://giga.chat/b2b/multi-agent-system>> (accessed 08.08.2025).
8. Kak mi otnivaem tochnost' otvetov osnovannogo na RAG AI-pomoshnika [How do we evaluate the accuracy of responses from a RAG-based AI assistant?] Available at: <<https://habr.com/ru/companies/alfa/articles/889042/>> (accessed 08.08.2025).
9. Chto takoye Retrieval-Augmented Generation (RAG) v jazikovykh vodel'nykh i kak ono rabotayet? [What is Retrieval-Augmented Generation (RAG) in language models, and how does it work?]. - 6 Sep 2024. Available at: <<https://habr.com/ru/articles/841428>> (accessed 08.08.2025).
10. Maxim Vedernikov. AI-agenty na osnove LLM i multiagentnykh [AI agents based on LLM and multi-agent systems.]. - November 28, 2024. Available at: <<https://blogs.epsilonmetrics.ru/ii-agenty-i-multiagentnye-sistemy/?ysclid=meldxgvxsg240360973>> (accessed 08.08.2025).
11. Firsov M.V. Kontseptsiya razrabotki komponentov bezopasnosti na osnove razvitiya biznes-protsessov kompanii [The concept of developing security components based on the development of business processes in the company's logistics] // Scientific problems of water transport. 2024, no 79, pp. 164–176. (In Russ).
12. Smirnov Valeriy. ANNA – servis dlja avtomaticheskoi razrabotki neironnykh setei [ANNA is a service for automatic development of neural networks]. - April 1, 2024. Available at: <<https://habr.com/ru/companies/alfa/articles/804085>> (accessed 08.08.2025).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Фирсов Михаил Владимирович, профессор, д.э.н., профессор кафедры Систем информационной безопасности, управления и телекоммуникаций, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО ВГУВТ) 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: fimv@inbox.ru

Michail V. Firsov, Ph.D. in Economic Science, Associate Professor of the Department of Information Security, Management and Telecommunications Systems, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603950

Статья поступила в редакцию 25.08.2025; принята к публикации 29.10.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 25.08.2025; published online 20.12.2025.

УДК 656.07:65.011.56
DOI: 10.37890/jwt.vi85.663

Методика оценки эффективности логистических схем доставки проектных грузов с использованием водного транспорта

С. В. Шевченко

ORCID: 0009-0000-0907-6982

А. А. Шкурин

ORCID: 0009-0006-5139-2907

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Необходимость объективного анализа эффективности логистических схем доставки проектных грузов сегодня очевидна: усложнение транспортных процессов сопровождается ростом рисков, экологических ограничений и требований к устойчивости. При этом традиционные подходы, сосредоточенные на временных и стоимостных показателях, оказываются недостаточными, поскольку не охватывают весь спектр факторов, определяющих результативность подобных операций. Следовательно, актуальной задачей становится разработка методологической модели, способной объединять экономические, технологические и качественные параметры в единую оценочную систему. Предложенная методика основана на мультикритериальном анализе (MCDM) и сочетает инструменты АНР и TOPSIS. Такая комбинация позволяет структурировать экспертные суждения, нормализовать разнородные данные и вычислить интегральный индекс эффективности, отражающий комплексное состояние логистической схемы. В рамках исследования выделены пять ключевых групп критериев: экономические (ТСО, ТСЕ), временные (длительность и своевременность), рискованные (вероятность задержек и сбоев), инфраструктурные (соответствие маршрутов и технических условий) и экологические (уровень воздействия на окружающую среду). Интеграция количественных и качественных характеристик обеспечивает возможность сопоставления различных вариантов доставки. Наибольший вклад в итоговую оценку вносят экономические и временные параметры, что закономерно для проектной логистики; напротив, экологические и рискованные показатели проявляют компенсирующий эффект, сглаживая колебания общей эффективности. Практическая применимость методики заключается в том, что она позволяет формировать прозрачный механизм выбора оптимальной схемы доставки и может служить инструментом поддержки управленческих решений. Встраивание разработанной модели в цифровые системы управления цепями поставок делает возможным автоматизацию процедур оценки, повышение надежности и предсказуемости транспортных процессов. Таким образом, предложенный подход формирует основу для системного управления проектными перевозками, способствуя снижению затрат, минимизации рисков и устойчивому развитию логистической инфраструктуры.

Ключевые слова: логистика, проектные грузы, транспортные затраты, критерии, эффективность модели, алгоритм, логистическая схема, поставка

Methodology for assessing the effectiveness of logistics schemes for the delivery of project cargo using water transport

Sergey V. Shevchenko

ORCID: 0009-0000-0907-6982

Anton A. Shkurin

ORCID: 0009-0006-5139-2907

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia

Abstract. The necessity for an objective assessment of the efficiency of logistics schemes for project cargo delivery has become increasingly evident. The growing complexity of transport processes is accompanied by rising risks, environmental constraints, and higher sustainability requirements. Traditional approaches, which mainly focus on time and cost parameters, are insufficient, as they fail to encompass the full range of factors determining the effectiveness of such operations. Consequently, the development of a methodological framework capable of integrating economic, technological, and qualitative parameters into a unified evaluation system becomes a relevant task. The proposed methodology is based on multi-criteria decision-making (MCDM) and combines the AHP (Analytic Hierarchy Process) and TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) methods. This combination makes it possible to structure expert judgments, normalize heterogeneous data, and calculate an integrated efficiency index that reflects the overall performance of a logistics scheme. The study identifies five key groups of criteria: economic (TCO, TCE), temporal (duration and timeliness), risk-related (probability of delays and failures), infrastructural (compliance of routes and technical conditions), and environmental (level of environmental impact). The integration of quantitative and qualitative characteristics ensures the comparability of various delivery alternatives. Economic and temporal parameters contribute the most to the overall assessment, which is typical for project logistics, whereas environmental and risk factors demonstrate a compensatory effect, smoothing fluctuations in total efficiency. The practical significance of the methodology lies in its ability to establish a transparent mechanism for selecting optimal delivery schemes and to serve as a decision-support tool for management. Incorporating the developed model into digital supply chain management systems enables automation of evaluation procedures, enhancing the reliability and predictability of transport operations. Thus, the proposed approach provides a foundation for systematic management of project logistics, contributing to cost reduction, risk minimization, and the sustainable development of logistics infrastructure.

Keywords: logistics, project cargo, transport costs, criteria, model efficiency, algorithm, logistics scheme, delivery

Введение

В условиях ускоряющейся технологической трансформации мирового хозяйства на первый план выходит необходимость в поиске инновационных подходов к управлению проектными поставками, выступая, одним из наиболее трудоемких и рискованных направлений логистической деятельности. Их результативность формируется под воздействием широкого спектра факторов: экономических, организационно-технологических, временных, инфраструктурных, а также экологических. Между тем отсутствие универсального методического инструментария, позволяющего комплексно оценивать эффективность логистических схем таких доставок, существенно сужает возможности рационального и аргументированного выбора оптимальных решений уже на стадии предварительного планирования. Существующая практика логистических компаний, где приоритет нередко отдан стоимостным и временным критериям, не позволяет в полной мере выявить фактическую эффективность проектных перевозок [1, 2, 3, 4].

Методы

В данном исследовании представлен подход к созданию методологической модели для интегральной оценки эффективности функционирования логистических схем, основанный на принципах мультикритериального анализа (MCDM) с применением методов АHP и TOPSIS. Благодаря такой комбинации становится возможным формализовать разнообразные критерии, определить их относительную важность и, следовательно, получить сводный показатель эффективности, сохраняющий устойчивость при изменении экспертных суждений. Цель исследования заключается в

разработке методологических основ комплексной оценки результативности логистических схем доставки проектных грузов, что, предположительно, обеспечивает обоснованный выбор оптимальных решений при взаимодействии количественных и качественных параметров. Для достижения обозначенной цели выполняется ряд задач: систематизация и нормализация критериев, определение их весов, вычисление интегрального показателя, а также проверка устойчивости предложенной модели.

Результаты исследования и обсуждение

Уникальность проектных грузов, что принципиально важно, проявляется в специфике каждой поставки: индивидуальная конфигурация маршрута, транспортных средств и операций погрузки-разгрузки делает процесс непрерывно изменяемым. Управление подобными перевозками заключается в необходимости комплексной интеграции технических, организационных и экономических решений в пределах единой модели. Проектные поставки следует рассматривать как высокорисковый элемент логистических цепей, где оптимизация связана не только с минимизацией прямых издержек, но и с учетом вероятностных факторов — рисков задержек, инфраструктурных ограничений, а также погодных и административных воздействий [5, 6]. Логистические показатели, которые обычно используются в качестве универсальной основы анализа, в условиях проектных перевозок проявляют себя иначе. Даже незначительное отклонение от требуемых характеристик способно вывести сложное оборудование из строя, поэтому риск повреждения в таких операциях фактически лишен допустимого диапазона, что усиливает роль операционных и рискованных параметров, поскольку их влияние оказывается более выраженным, чем в стандартных схемах перемещения грузов, где многие угрозы остаются компенсируемыми. Задержки, допустимые в массовой логистике и приводящие главным образом к росту расходов, в проектных поставках нарушают согласованность монтажных процессов, вызывают простой специализированной техники и меняют ход реализации проекта в целом. При включении в маршрут водных участков возникают дополнительные особенности: изменчивость гидрометеорологических условий, режим работы шлюзов, глубинные и фарватерные ограничения, требования к прохождению гидротехнических сооружений. Эти обстоятельства непосредственно влияют на сроки и технологическую осуществимость доставки и требуют такого же внимательного учета, как и основные критерии эффективности.

Оценка эффективности логистических схем в большинстве исследований сводится к рассмотрению отдельных параметров: минимизации совокупных транспортных затрат (Total Cost of Ownership, TCO) [7], сокращению времени доставки (Lead Time) [8], снижению вероятности повреждений и потерь, а также повышению надежности цепей поставок. Между тем, универсальные модели, способные интегрировать эти разнотипные показатели в единую систему оценки, до сих пор остаются ограниченными. Разнообразие критериев существенно осложняет оценку эффективности, поскольку экономические параметры выражаются в стоимостных единицах, временные — во временных интервалах, а рискованные и качественные — в вероятностных либо экспертных баллах. При отсутствии универсального измерителя прямое сопоставление различных схем становится методологически неоднозначным. Принимая во внимание вышеизложенное, исследование ориентировано на создание модели, которая основывается на принципах системного и иерархического анализа, интегрирует как количественные, так и экспертно-качественные параметры, связывая их в единую аналитическую конструкцию, включающую маршруты перемещения, используемые виды транспорта, узлы перевалки и ключевые организационно-технические решения. Экономические показатели, как правило, выявляют реальную стоимость функционирования конкретной схемы. Они основаны на расчетах совокупных расходов — совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO) и полных логистических издержек (Total Cost of Execution, TCE). При

уменьшении этих параметров схема демонстрирует более рациональное использование ресурсов, а значит, и большую экономическую результативность. При перевозке проектных грузов экономические параметры охватывают не только прямые расходы, но и возможные косвенные потери, возникающие при нарушении сроков, простоях монтажных бригад и сбоях в графике ввода объекта. Из-за этого структура ТСО и ТСЕ становится многоступенчатой и реагирующей на организационные и временные риски. На водном транспорте учитываются сезонные коэффициенты работы флота, портовые сборы, стоимость использования специализированных барж и буксиров, а также затраты на обеспечение устойчивости и фиксации крупногабаритных конструкций на плавучих средствах.

Что касается временных характеристик, то они позволяют оценить способность логистической цепи выполнять доставку в рамках заданных сроков. Главные индикаторы здесь — общая продолжительность транспортировки и коэффициент своевременности, фиксирующий долю поставок, прибывших строго к контрольным точкам проекта. Сокращение временного цикла и рост показателя своевременности становятся ключевыми ориентирами оптимизации. Для проектных грузов имеет значение не только продолжительность всего цикла, но и наличие так называемых жестких контрольных точек, при которых любое отклонение приводит к непропорциональному увеличению возможного ущерба. Поэтому временные параметры оказывают влияние не последовательно, а скачкообразно, формируя иную логику оценки эффективности. В условиях водного транспорта временной режим маршрута во многом определяется навигационной сезонностью. Сокращенные периоды движения и возникающие задержки, связанные с прохождением шлюзов и взаимодействием с гидротехническими сооружениями, определяют более сложную конфигурацию планирования сроков доставки проектных грузов.

Рисковые параметры, в свою очередь, акцентируют внимание на вероятности возникновения непредвиденных ситуаций: повреждения груза, задержек, аварий, ошибок при перегрузке. Для их анализа используется интегральный индекс риска, включающий совокупность вероятностей по каждому типу угроз. Стремление к его минимизации определяет устойчивость и предсказуемость логистического процесса. Риски, характерные для массовых грузопотоков, компенсируются иначе, тогда как в проектной логистике повреждение или нарушение технологии перегрузки практически равносильно утрате функциональности объекта. Следовательно, интегральный индекс риска получает повышенный вес и становится определяющим элементом в расчете эффективности. В воднотранспортных схемах он дополняется влиянием гидрометеорологических факторов — штормов, туманов, ледовых явлений, а также угрозами, связанными с прохождением узких участков фарватера. Эти обстоятельства изменяют вероятность задержек и должны включаться в структуру интегрального индекса риска.

Операционные критерии отражают практическую осуществимость схемы: соответствие маршрутов габаритам перевозимого оборудования, наличие необходимых перегрузочных мощностей и технических средств, а также степень готовности инфраструктуры. Этот аспект измеряется через коэффициент инфраструктурной обеспеченности, который, в идеале, должен быть максимально высоким, поскольку именно он показывает, насколько выбранная схема может быть реализована без ограничений на практике [9]. В проектных перевозках операционная реализуемость зависит не только от наличия инфраструктуры, но и от необходимости подготовки маршрута: расчета разворотных зон, усиления мостов, временного демонтажа отдельных конструкций, использования специализированных транспортных модулей. В водном транспорте на реализуемость дополнительно воздействуют пропускные характеристики портовых терминалов, наличие причальных линий, приспособленных для работы с негабаритом, глубины у причалов, а также

доступность плавкранов и понтонов, применяемых при вертикальной и горизонтальной перегрузке элементов.

Качественно-экологическая группа критериев охватывает показатели, отражающие как воздействие логистических операций на природную среду, так и сопряженные с ними социальные последствия. При этом внимание сосредоточено на удельных объемах выбросов, уровне шумового загрязнения, соблюдении норм охраны труда и безопасности. Главная цель здесь заключается в том, чтобы уменьшить экологический след транспортной деятельности при сохранении, а лучше — при усилении социальной ответственности участников процесса. Совокупность всех указанных групп образует целостную систему оценивания, предназначенную для комплексного анализа и сопоставления логистических схем. Однако многообразие масштабов и разнонаправленность показателей — когда одни ориентированы на минимизацию, а другие, напротив, на максимизацию — делает их прямое сравнение невозможным. Следовательно, необходим этап нормализации, позволяющий привести разнородные критерии к сопоставимой форме и обеспечить корректность последующего интегрального расчета.

Нормализация — это процесс приведения всех показателей к единому безразмерному диапазону $[0;1]$, где 1 — наилучший возможный результат, а 0 — наихудший.

Формально это выражается формулой:

$$z_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} & (1) \\ \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}} & (2) \end{cases}$$

Где (1) – для критериев, подлежащих максимизации,

(2) – для критериев, подлежащих минимизации [10].

После нормализации показатели становятся сопоставимыми: при $z_{ij}=1$ достигается наилучшее значение по конкретному критерию, а при $z_{ij}=0$ — наихудшее. Это преобразование обеспечивает возможность объединить экономические, временные, экологические и экспертные параметры в единую матрицу, создавая тем самым основу для комплексной интегральной оценки эффективности рассматриваемых схем. В условиях проектных поставок каждая группа критериев отражает разный характер ограничений — технический, инфраструктурный, временной или организационный. Приведение параметров к единой шкале позволяет учитывать неодинаковую степень их критичности и взаимный вклад в результативность транспортной схемы.

Следовательно, именно этап формализации и нормализации образует методологический фундамент для применения мультикритериальных методов анализа (MCDM) [11]. Их использование позволяет не только соотносить альтернативные логистические решения, но и выявлять наиболее рациональное, принимая во внимание весь спектр факторов одновременно. Методы MCDM позволяют агрегировать разнородные показатели — количественные (например, время или расходы) и качественные (такие как надежность или устойчивость). Они широко применяются в мировой практике при выборе оптимальных решений в сложных системах, где количество факторов велико, а их значимость неодинакова. Среди наиболее известных подходов выделяются АНР, TOPSIS, PROMETHEE и MAUT, однако для задач, связанных с логистикой проектных грузов, наибольшую эффективность демонстрирует комбинированный метод АНР–TOPSIS [12, 13].

Преимущество интеграции заключается в том, что АНР обеспечивает экспертное определение весов критериев, фиксируя относительную важность факторов (например, приоритет надежности перед стоимостью), а TOPSIS выполняет ранжирование схем в зависимости от их близости к «идеальному» решению. В результате достигается синтез

экспертного и аналитического подходов, создающий сбалансированную систему количественной и качественной оценки.

Алгоритм АНР–TOPSIS реализуется через несколько взаимосвязанных этапов, каждый из которых уточняет и структурирует процесс выбора оптимального решения:

1. Формирование иерархической структуры, где верхний уровень отражает основную цель анализа, промежуточный включает группы критериев, а нижний — конкретные показатели, через которые осуществляется оценка.
2. Определение значимости критериев с использованием метода парных сравнений по Саати, при котором экспертные суждения служат основой для вычисления весов, отражающих относительную важность каждого параметра.
3. Оценка степени согласованности экспертных мнений, необходимая для проверки логичности и непротиворечивости матрицы предпочтений, что обеспечивает достоверность последующих расчетов.
4. Построение нормализованной матрицы решений, где все критерии, полученные на предыдущем этапе, приводятся к единой шкале измерения, что делает возможным корректное сопоставление альтернатив.
5. Определение расстояний каждой логистической схемы до условно «идеального» и «анти-идеального» вариантов, позволяющее выявить степень приближения каждого решения к оптимальному состоянию.

На заключительном этапе рассчитывается интегральный показатель эффективности, отражающий совокупную близость исследуемой схемы к идеальному решению и служащий основой для окончательного выбора наиболее рационального варианта:

$$E_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

Где D_i^+ - расстояние до идеального варианта (лучшие значения всех критериев).

D_i^- - расстояние до анти- идеального (наихудшие значения)

Чем выше величина показателя E_i , тем ближе анализируемая схема доставки соответствует идеальному решению и демонстрирует более высокую общую эффективность. Применение комбинированной методики АНР–TOPSIS обеспечивает переход от разрозненных частных показателей к количественно обоснованному выбору оптимальной логистической схемы. Такой подход придает оценочной процедуре свойства прозрачности, воспроизводимости и практической ценности при организации доставки проектных грузов. Для логистических решений в водном транспорте комбинированный подход оказывается продуктивным, поскольку дает возможность комплексно рассматривать факторы, связанные с навигационными условиями, портовой инфраструктурой, погодными проявлениями и спецификой морской и речной логистики.

Полученные данные дают возможность не просто сравнивать варианты доставки, но и выявлять наиболее сбалансированное решение, обеспечивающее оптимальное сочетание экономических, временных, рискованных, операционных и экологических параметров. Схема с максимальным значением интегрального показателя E_i признается наиболее рациональной, поскольку достигает минимальных значений по затратам и рискам при одновременной максимизации показателей надежности и технологической реализуемости. Ключевое достоинство метода АНР–TOPSIS состоит в его практической универсальности. Методика успешно интегрирует точные расчетные показатели с экспертными оценками, что становится особенно значимым при анализе сложных логистических проектов с уникальными характеристиками, где отдельные параметры носят прогнозный или оценочный характер. Даже в условиях неполной исходной информации метод обеспечивает формирование объективного ранжирования альтернатив и выявляет направления, требующие дополнительной оптимизации [14].

Таким образом, вся последовательность проведенного анализа — от формирования системы критериев и процедур нормализации до вычисления интегральных показателей — нацелена на создание прозрачного и воспроизводимого механизма оценки, обеспечивающего принятие аргументированных решений при выборе схем доставки проектных грузов. Результаты ранжирования могут применяться не только для идентификации оптимального варианта, но и для разработки сценариев оптимизации — например, сокращения затрат, повышения надежности или уменьшения продолжительности доставки. Анализ значений E_i позволяет определить наиболее влиятельные критерии и выявить направления для дальнейшего совершенствования логистических процессов.

На следующем этапе выполняется анализ чувствительности модели, проверяющий устойчивость полученных результатов к корректировке экспертных весов критериев. Такой анализ демонстрирует степень достоверности итогового рейтинга и выявляет факторы, оказывающие наибольшее воздействие на выбор оптимальной логистической схемы. После расчета интегральных показателей эффективности E_i и определения наилучшего варианта требуется подтвердить стабильность результатов при изменении исходных параметров. Эта процедура необходима, поскольку часть критериев и их весовых коэффициентов устанавливается экспертным путем и может содержать субъективные оценки или погрешности.

Анализ чувствительности определяет степень влияния корректировки весовых коэффициентов на итоговые показатели эффективности схем. Фактически, он показывает, сохранит ли выбранный вариант лидирующую позицию при изменении приоритетов — например, при увеличении значимости сроков доставки или снижении важности стоимостных параметров. Проверка осуществляется через последовательную вариацию весов w_j в установленном диапазоне (например, $\pm 10\%$) с последующим пересчетом интегральных показателей E_i . Степень влияния оценивается по величине частного отклонения результирующих значений:

$$S_j = \frac{\partial E_i}{\partial w_j}$$

Где, S_j - показатель чувствительности по критерию j . Чем выше значение S_j , тем сильнее данный критерий влияет на итоговую эффективность системы [15].

Если при варьировании весов в допустимых пределах очередность схем в рейтинге сохраняется, модель признается устойчивой. Это свидетельствует о надежности принятых решений и их независимости от случайных погрешностей в экспертных оценках. В противном случае, когда даже незначительные корректировки вызывают перераспределение позиций, модель считается чувствительной и требует уточнения — пересмотра весовых коэффициентов, расширения системы критериев или применения дополнительных методов стабилизации, таких как энтропийный анализ. Проведенные расчеты демонстрируют сохранение стабильности модели при изменении весовых коэффициентов в диапазоне $\pm 10\%$. Такие результаты подтверждают обоснованность принятых экспертных оценок и их внутреннюю согласованность. Наибольшая чувствительность отмечается для экономических и временных параметров, что закономерно отражает их ключевую роль в оценке эффективности проектной логистики. Одновременно риск-ориентированные и экологические критерии проявляют компенсационное воздействие, снижая амплитуду колебаний итоговых показателей.

Таким образом, анализ чувствительности служит инструментом верификации, подтверждая достоверность и практическую ценность построенной модели. Он позволяет идентифицировать "критические" критерии, где даже незначительная погрешность в определении весов способна повлиять на итоговый выбор. При обнаружении подобных факторов возможна корректировка модели через уточнение весовых коэффициентов, проведение дополнительного экспертного опроса или применение автоматизированных методов калибровки. В результате формируется

надежная и адаптивная система оценки логистических схем, сохраняющая устойчивость при изменении внешних условий. Данный инструмент может эффективно использоваться для поддержки управленческих решений в сфере проектной логистики — начиная от стратегического планирования и заканчивая практической оптимизацией маршрутов и схем доставки.

Заключение

Проведенное исследование позволило разработать методику комплексной оценки логистических схем доставки проектных грузов, основанную на интеграции методов АНР и TOPSIS. Использование данного подхода дает возможность формализовать процедуру выбора оптимального маршрута, учитывающего не только стоимостные и временные характеристики, но и технологические аспекты реализации, параметры риска и надежности. Основное преимущество предложенного инструментария заключается в сочетании экспертных оценок с алгоритмами многокритериальной оптимизации, что обеспечивает объективность и воспроизводимость результатов в условиях характерного для проектной логистики дефицита исходных данных.

Интегральный показатель E_i может использоваться в качестве универсального измерителя для сравнительного анализа альтернативных логистических схем. Проведенный анализ чувствительности выявил устойчивость модели к колебаниям весовых коэффициентов, при этом наиболее значимыми факторами оказались стоимость и сроки доставки. Эти параметры формируют основу для концентрации управленческого внимания, что подтверждает практическую ценность метода для стратегического планирования и обоснования выбора маршрутов в условиях неполноты исходной информации. Результаты исследования подтверждают возможность применения метода АНР–TOPSIS в практической деятельности логистических компаний и проектных отделов как инструмента поддержки решений при формировании транспортных схем для крупнотоннажных и негабаритных перевозок. Данная методика может быть адаптирована для интеграции в цифровые платформы управления цепочками поставок, обеспечивая прозрачность и согласованность оценочных процедур между всеми участниками логистического процесса. В перспективе разработанный подход способен лечь в основу отраслевых стандартов оценки, применяемых в рамках корпоративных регламентов и государственных программ. Предложенная модель не только повышает обоснованность управленческих решений, но и создает предпосылки для снижения операционных рисков, оптимизации затрат и устойчивого развития логистической инфраструктуры. Перспективой дальнейших исследований является проверка методики на конкретных примерах проектных перевозок. Применение модели к реальным маршрутам позволит выявить ее работоспособность в условиях существующих ограничений и подтвердить практическую значимость для компаний, осуществляющих транспортировку негабаритных и тяжеловесных объектов.

Список литературы

1. Короп М. М. Логистическая инфраструктура управления цепями поставок // Экономико-управленческий конгресс: Сборник статей по материалам Российского научно-практического мероприятия с международным участием, Белгород, 30 октября 2019 года. Белгород: ИД «БелГУ», 2019. С. 47–52.
2. Лобанова А. А. Практика применения проектной логистики // Дневник науки. 2021. № 11(59).
3. Ермакова Э. Э. Формирование и развитие проектного управления в логистике // Логистические системы в глобальной экономике. 2022. № 12. С. 99–103.
4. Смоленцева А. М., Рупосов В. Л. Востребованность проектной логистики в менеджменте // Проблемы управления производственными и инновационными системами: Материалы статей Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 9 декабря 2020 года. Иркутск: ИРННТУ, 2020. С. 43–45.

5. Баранников Е. А. Развитие моделей и методов логистики проектных перевозок в международных цепях поставок // Актуальные проблемы таможенного администрирования в ЕАЭС: Материалы молодежной научной конференции, Санкт-Петербург, 23–24 марта 2018 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. С. 18–21
6. Sadoon E., Venkatadri U., Ghasemi A. A Conceptual Framework for Logistics Management and Project Planning in the Clinical Trials Industry // *Logistics*. 2023. Vol. 7, Is. 4. – Pp. 88. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics7040088>
7. De Clerck Q., Van Lier T., Lebeau P., Messagie M., Vanhaverbeke L., Macharis C., Van Mierlo J. How Total is a Total Cost of Ownership? // *World Electric Vehicle Journal*. 2016. Vol. 8, Is. 4. – Pp. 742–753. DOI: <https://doi.org/10.3390/wevj8040742>
8. Patil R.A., Patange A.D., Pardeshi S.S. International Transportation Mode Selection through Total Logistics Cost-Based Intelligent Approach // *Logistics*. 2023. Vol. 7, Is. 3. – Pp. 60. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics7030060>
9. Oskarsson B. Total Cost Analysis in Logistics: Practical Execution, Learning, and Teaching in Higher Education : dissertation ... PhD in Science : 08.00.00 / Björn Oskarsson ; Linköping University, Department of Management and Engineering. – Linköping : LiU-Tryck, 2019. – 189 p. – (Linköping Studies in Science and Technology. Dissertations ; No. 2032). – ISBN 978-91-7929-959-0. – ISSN 0345-7524
10. Taherdoost H., Madanchian M. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts // *Encyclopedia*. 2023. Vol. 3. – Pp. 77–87. DOI: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
11. Samhoury M., Abualeenein M., Al-Atrash F. Enhancing Supply Chain Resilience Through a Fuzzy AHP and TOPSIS to Mitigate Transportation Disruption // *Sustainability*. 2025. Vol. 17. – Pp. 7375. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17167375>
12. Prakash C., Barua M.K. Integration of AHP-TOPSIS Method for Prioritizing the Solutions of Reverse Logistics Adoption to Overcome Its Barriers under Fuzzy Environment // *Journal of Manufacturing Systems*. 2015. Vol. 37, Part 3. – Pp. 599–615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.03.001>
13. Jiménez-Delgado G., Santos G., Félix M.J., Teixeira P., Sá J.C. A Combined AHP-TOPSIS Approach for Evaluating the Process of Innovation and Integration of Management Systems in the Logistic Sector // *HCI International 2020 – Late Breaking Papers: Interaction, Knowledge and Social Media*. 2020. – Pp. 535–559. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-60152-2_40
14. Junaid M., Xue Y., Syed M.W., Li J.Z., Ziaullah M. A Neutrosophic AHP and TOPSIS Framework for Supply Chain Risk Assessment in Automotive Industry of Pakistan // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. – Pp. 154. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010154>
15. Wang X., Duan Q. Improved AHP-TOPSIS Model for the Comprehensive Risk Evaluation of Oil and Gas Pipelines // *Petroleum Science*. 2019. Vol. 16. – Pp. 1479–1492. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12182-019-00365-5>

References

1. Korop M. M. Logisticheskaya infrastruktura upravleniya tsepyami postavok // *Ekonomiko-upravlencheskiy kongress: Sbornik statey po materialam Rossiyskogo nauchno-prakticheskogo meropriyatiya s mezhdunarodnym uchastiem, Belgorod, 30 oktyabrya 2019 goda*. Belgorod: ID «BelGU», 2019. S. 47–52. (In Russ)
2. Lobanova A. A. Praktika primeneniya proektnoy logistiki // *Dnevnik nauki*. 2021. № 11(59). (In Russ)
3. Ermakova E. E. Formirovanie i razvitie proektnogo upravleniya v logistike // *Logisticheskie sistemy v globalnoy ekonomike*. 2022. № 12. S. 99–103. (In Russ)
4. Smolentseva A. M., Ruposov V. L. Vostrebovannost proektnoy logistiki v menedzhmente // *Problemy upravleniya proizvodstvennymi i innovatsionnymi sistemami: Materialy statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Irkutsk, 9 dekabrya 2020 goda*. Irkutsk: IRNITU, 2020. S. 43–45. (In Russ)
5. Barannikov E. A. Razvitie modeley i metodov logistiki proektnykh perevozok v mezhdunarodnykh tsepyakh postavok // *Aktualnye problemy tamozhennogo administrirovaniya v EAES: Materialy molodezhnoy nauchnoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 23–24 marta 2018 goda*. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy ekonomicheskii universitet, 2018. S. 18–21 (In Russ)

6. Sadoon, E.; Venkatadri, U.; Ghasemi, A. A Conceptual Framework for Logistics Management and Project Planning in the Clinical Trials Industry. *Logistics* 2023, 7, 88. <https://doi.org/10.3390/logistics7040088>
7. De Clerck, Q.; Van Lier, T.; Lebeau, P.; Messagie, M.; Vanhaverbeke, L.; Macharis, C.; Van Mierlo, J. How Total is a Total Cost of Ownership? *World Electr. Veh. J.* 2016, 8, 742-753. <https://doi.org/10.3390/wevj8040742>
8. Patil, R.A.; Patange, A.D.; Pardeshi, S.S. International Transportation Mode Selection through Total Logistics Cost-Based Intelligent Approach. *Logistics* 2023, 7, 60. <https://doi.org/10.3390/logistics7030060>
9. Oskarsson, B. Total Cost Analysis in Logistics: Practical Execution, Learning, and Teaching in Higher Education : dissertation ... PhD in Science : 08.00.00 / Björn Oskarsson ; Linköping University, Department of Management and Engineering. — Linköping : LiU-Tryck, 2019. — 189 p. — (Linköping Studies in Science and Technology. Dissertations ; No. 2032). — ISBN 978-91-7929-959-0. — ISSN 0345-7524
10. Taherdoost, H.; Madanchian, M. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. *Encyclopedia* 2023, 3, 77-87. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
11. Samhour, M.; Abualeenein, M.; Al-Atrash, F. Enhancing Supply Chain Resilience Through a Fuzzy AHP and TOPSIS to Mitigate Transportation Disruption. *Sustainability* 2025, 17, 7375. <https://doi.org/10.3390/su17167375>
12. Prakash C., Barua M.K. Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment // *Journal of Manufacturing Systems*. – 2015. – Vol. 37, Part 3. – P. 599-615. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2015.03.001>
13. JIMÉNEZ-DELGADO G., SANTOS G., FÉLIX M.J., TEIXEIRA P., SÁ J.C. A Combined AHP-TOPSIS Approach for Evaluating the Process of Innovation and Integration of Management Systems in the Logistic Sector // *HCI International 2020 – Late Breaking Papers: Interaction, Knowledge and Social Media*. – 2020. – P. 535-559. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-60152-2_40
14. Junaid, M.; Xue, Y.; Syed, M.W.; Li, J.Z.; Ziaullah, M. A Neutrosophic AHP and TOPSIS Framework for Supply Chain Risk Assessment in Automotive Industry of Pakistan. *Sustainability* 2020, 12, 154. <https://doi.org/10.3390/su12010154>
15. Wang, X., Duan, Q. Improved AHP-TOPSIS model for the comprehensive risk evaluation of oil and gas pipelines. *Pet. Sci.* 16, 1479–1492 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12182-019-00365-5>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шевченко Сергей Вячеславович, аспирант Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, ДВМП г. Санкт-Петербург, должность Начальник отдела Департамента продаж и развития проектов, e-mail: sergey.shevchenko93@inbox.ru

Sergey V. Shevchenko, Postgraduate Student, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 198035, St. Petersburg, Dvinskaya St., 5/7, DVMP, St. Petersburg, Head of the Department of Sales and Project Development, e-mail: sergey.shevchenko93@inbox.ru

Шкурин Антон Александрович, Аспирант Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, «Мединтертрейд» г. Санкт-Петербург, должность Генеральный директор, e-mail: ashkurin@mail.ru

Anton A. Shkurin, Postgraduate Student, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 198035, St. Petersburg, Dvinskaya St., 5/7, LLC «Medintertrade», St. Petersburg, General Director, e-mail: ashkurin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.10.2025; принята к публикации 28.11.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 14.10.2025; published online 20.12.2025.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, ВОДНЫЕ
ПУТИ, СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ**

**WATER TRANSPORT OPERATION, WATERWAYS
COMMUNICATONS AND HYDROGRAPHY**

УДК 656.61.052

DOI: 10.37890/jwt.vi85.644

Концепция навигационного поля

С.В. Ермаков

ORCID: 0009-0009-7814-8877

Е.В. Мулина

ORCID 0009-0002-3630-1609

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия

Аннотация. Настоящая работа посвящена решению проблемы выбора траектории движения морского автономного надводного судна (МАНС) без участия человека. Кратко представлены и проанализированы результаты уже выполненных к настоящему времени научных работ, касающихся объекта исследования. Показано, что на текущий момент времени общепринятых, надёжных алгоритмов, методик, методов, обеспечивающих самостоятельную навигацию автономных судов, не существует, а соответствующий инструментарий пилотных проектов и концептов требует совершенствования, доработки и длительных испытаний (апробирования).

Предлагается в основу инновационного метода выбора траектории движения автономным судном положить представленную в работе концепцию навигационного поля, которая при своём дальнейшем развитии может трансформироваться в полноценную теорию навигационного поля. На первом этапе обоснования концепции была сформирована её терминологическая основа, которая кроме термина «навигационное поле» включила и ряд других терминов с их определениями, а именно: навигационное пространство, навигационная среда, аварийный потенциал, напряжённость навигационного поля и пр. Далее обоснованы классификации навигационного поля по различным критериям, согласно которым поле может быть первичным или вторичным, глобальным, рейсовым или локальным, текущим или прогностическим. За полевую характеристику, описывающую навигационное поле, принят аварийный потенциал – скалярная величина, определяемая условиями плавания и характеристиками судна и показывающая, насколько опасно плавание судна в конкретной точке навигационного пространства в определённый момент времени. Обоснованная концепция навигационного поля позволяет следующим образом сформулировать общее правило выбора МАНС траектории движения: судно будет стремиться изменить курс таким образом, чтобы оказаться в точке навигационного пространства, по отношению к которой уменьшение аварийного потенциала будет максимальным. В заключение поставлены задачи для дальнейшего исследования, итоговая цель которого – метод выбора морским автономным надводным судном траектории и скорости движения в различных условиях плавания.

Ключевые слова: навигационное пространство, навигационное поле, морские автономные надводные суда, траектория движения.

Navigation field concept

Sergey V. Ermakov

ORCID: 0009-0009-7814-8877

Elena V. Mulina

ORCID 0009-0002-3630-1609

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

Abstract. This work is devoted to solving the problem of choosing the trajectory of a Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) without human intervention. The results of scientific works, concerning the object of study that have already been carried out to date are briefly presented and analyzed. It is shown that at the current moment of time generally accepted, reliable algorithms, techniques, methods that provide independent navigation of autonomous ships do not exist, and the corresponding tools for pilot projects and concepts require improvement and long-term testing. An innovative method for choosing the trajectory of an autonomous ship is proposed to be based on the concept of the navigation field presented in the paper. At the first stage of the justification of the concept, its terminological basis was formed. In addition to the term “navigation field”, it included a number of other terms with their definitions.

After the formation of the terminological basis of the study, the classifications of the navigation field were substantiated. According to these classifications, the field can be primary or secondary, global, trip or local, current or predictive. The emergency potential as the field characteristic describing the navigation field is taken. The emergency potential is a scalar value determined by the navigation conditions and the characteristics of the ship and showing how dangerous the navigation of the ship is at a particular point in the navigational space. The justified concept of the navigation field makes it possible to formulate the general rule for choosing the trajectory of motion by an autonomous ship as follows: MASS will seek to change course in such a way as to be the point of the navigation space, in relation to which the reduction in emergency potential will be maximum. At the end of the study, tasks were set for further research, the final goal of which is a method for choosing a trajectory and speed of movement in various navigation conditions by a marine autonomous surface ship.

Keywords: navigation space, navigation field, Maritime Autonomous Surface Ships, movement trajectory.

Введение

Морские автономные надводные суда (МАНС) сейчас являются признанным горизонтом развития морского флота, целью большинства научных исследований в морской индустрии и предметом дискуссий и нормативно-правового регулирования как на национальном, так и на международном уровнях. Однако автономное судоходство и, в частности, технологии автономного судовождения в настоящее время находятся на начальных этапах своей эволюции, характеризующихся наличием множества пока нерешённых организационных, технических и правовых проблем и трудно формализуемых задач [1, 2]. К числу последних относится и задача построения (выбора) морским автономным надводным судном траектории своего движения и определения режима движения по этой траектории. Следует предположить, что решение этой задачи будет иметь различный характер и уровень сложности в зависимости от условий плавания МАНС. Так, в стеснённых условиях при совместном плавании с другими судами и с наличием очевидной необходимости в периодическом маневрировании для безопасного расхождения с ними задача построения и реализации траектории будет много сложнее, чем при одиночном плавании в открытом море.

К настоящему времени опубликовано большое количество научных трудов, имеющих отношение к движению и маневрированию автономных судов. Так,

концепция искусственных потенциальных полей – APFs (Artificial Potential Fields) авторами работы [3] положена в основу судовой системы, которая позволяет обеспечивать безопасное расхождение как с надводными навигационными опасностями, т.е. статическими препятствиями, так и с другими судами, являющимися препятствиями динамическими. В статье [4] рассматривается похожий способ маневрирования МАНС. Этот способ основан на векторных полях обхода статического препятствия и на «отталкивающем» векторном поле. Алгоритм оптимизации муравьиной колонии АСО (Ant Colony Optimisation) с целью предотвращения столкновения судов при расхождении предлагают использовать в МАНС авторы работы [5]. Модернизированный метод скоростных препятствий VO (Velocity Obstacles) предложен для решения рассматриваемой проблемы в исследовании [6]. Нейронные сети, интервальное программирование, нечёткая логика – эти инструменты положены в основу алгоритмов расхождения судов в статьях [7-10]. В работах [11-18] рассматривается автоматизированное расхождение уже не с единичным судном, а с группой судов. Наиболее полный обзор и анализ большинства существующих подходов приведён в [19].

В итоге становится очевидным, что результаты многочисленных интенсивных исследований, направленных на обеспечение МАНС алгоритмами выбора траектории, уже сформировали некоторую жизнеспособную методологию. Вместе с тем ни один из полученных результатов, в том числе и те, что уже реализованы в концептах и пилотных проектах МАНС, нельзя пока считать приемлемыми для широкого применения на практике.

В настоящей работе приводится обоснование не самого метода выбора МАНС траектории движения как такового, а некоторых базовых для его разработки теоретических положений, объединённых в концепцию, названную концепцией навигационного поля. За основной же научный метод в исследовании принята аналогия, а, точнее, аналогия с теорией электростатического поля. Подобный подход к изучению искусственных (в смысле созданных человеком) объектов, сущностей, материй, систем с использованием известных естественных (природных) законов не является новацией [20].

Следует заметить, что объектом настоящего исследования являются только морские автономные надводные суда, которые по классификации Международной морской организации относятся к МАНС четвёртой степени автономности, предполагающей полное отсутствие участия человека в управлении судна и других операциях, подлежащих выполнению при его функционировании.

Основная терминология теории навигационного поля

Обязательным условием любого научного исследования является наличие системы согласованных понятий, отражающих его предметную область и состоящая из специальных терминов, которые находятся в строгих терминологических отношениях [21, 22]. Вместе с тем, эта система, т.е. терминологическая база исследования, не является некоей формируемой единожды и неподлежащей изменению, незыблемой конструкцией. Наоборот, система терминов должна быть динамична и способна оперативно адаптироваться к новым промежуточным результатам того исследования, для которого она была изначально создана.

Очевидно, что ядром терминологической базы настоящего исследования, его основным элементом является термин «навигационное поле». Формирующий и более общий для него термин «поле» лежит в основе многих систем специальных или общих терминов, используемых в различных отраслях наук. В нашем случае под навигационным полем будем понимать сложное нестационарное и непрерывное информационное поле, представляющее собой результат суперпозиции элементарных информационных полей, порождаемых реальными, значимыми для безопасности плавания условиями и явлениями, и определяющее оптимальные траекторию и

скорость движения судна. Здесь необходимо разделять понятия «навигационное поле» и «навигационное пространство». Последнее определяется только совокупностью точек со своими координатами, а навигационное поле привязывает к каждой точке навигационного пространства иную, чем координаты информацию (является информационным описанием навигационного пространства).

Навигационное поле можно классифицировать по следующим признакам (рис. 1):

- по временному признаку: на текущее и прогностическое;
- по наличию в поле нашего судна: на первичное и вторичное;
- по пространственному признаку: на глобальное, рейсовое и локальное;
- по наличию в поле иных судов: невозмущённое и возмущённое.



Рис. 1. Терминология концепции навигационного поля

Текущее навигационное поле вне зависимости от размеров навигационного пространства, которое оно описывает, по сути, это навигационное поле, имеющее место быть на момент наблюдения. В случае же, если этот момент отсрочен в будущее, навигационное поле уже следует считать прогностическим. При этом не обязательно для всего описываемого навигационного пространства прогностическое навигационное поле должно быть привязано к одному моменту времени (то есть быть одновременным). В частности, для планирования перехода большой интерес вызывают моменты времени нахождения судна в той или иной точке навигационного пространства так, как это предусмотрено планом перехода. Соответственно и прогностическое навигационное поле для этих точек (частей акватории) должно определяться моментом времени нахождения там судна. Подобное прогностическое навигационное поле будет являться уже разновременным.

Для понимания различия между первичным и вторичным навигационным полем обратимся к элементарному, составляющему навигационное, полю волнения. Если в первичном навигационном поле основной информацией о волнении будет являться его сила и направление, то во вторичном – вместе с силой будет иметь значение курсовой угол волнения. Таким образом, можно заключить, что вторичное навигационное поле образуется из первичного фильтрацией судна, т.е. преобразованием первичных

«прямых» характеристик элементарных полей во вторичные, значимые для навигационной безопасности характеристики.

Под локальным (местным, ограниченным, топическим) навигационным полем следует понимать навигационное поле, в котором судно, осуществляя навигацию, находится непосредственно в текущий момент времени. Границы такого навигационного поля (навигационного пространства) могут определяться проливом, каналом, дальностью видимости горизонта, дальностью действия радиолокационной станции, используемой шкалой радиолокатора и т.п.

В свою очередь, рейсовое навигационное поле описывает навигационное пространство, в любой точке которого может появиться судно, выполняющее конкретное рейсовое задание (конкретный переход). Очевидно, что размеры такого поля могут отличаться в разы. В случае, например, паромной переправы Ньюхейвен – Дьепп, рейсовое навигационное поле будет, по сути, локальным. С другой стороны, переход Ливерпуль – Монтевидео определяет размеры рейсового поля, приближающие его к глобальному, т.е. такому навигационному полю, которое охватывает все возможные судоходные пути мира.

Кроме навигационного поля и навигационного пространства представляемая концепция включает ещё два понятия, первое из которых – навигационный пиксель.

Навигационный пиксель – это часть навигационного пространства, имеющая, как правило, форму квадрата размером не менее длины судна, в пределах которого навигационное поле можно считать постоянным. Размер навигационного пикселя определяется условиями плавания и является ли поле локальным, рейсовым или глобальным.

В свою очередь, вторичное локальное навигационное поле также, как и описываемую им часть навигационного пространства при необходимости можно называть навигационной средой. Схематически терминология концепции навигационного поля представлена на рис. 1.

Основная полевая и вспомогательные характеристики навигационного поля

Информационное поле характеризуется функциональной величиной, характеризующей количественно точки пространства [23].

Описательной характеристикой информационного поля, отображающего свойства какого-либо пространства, является функциональная величина, зависящая от координат точки пространства (в случае стационарных полей) и времени (в случае полей нестационарных), называемая полевой переменной. В качестве полевой переменной для навигационного поля (причём переменной единственной) введём в терминологическую систему и примем аварийный потенциал p .

Аварийный потенциал – это скалярная характеристика навигационного поля, которая показывает, насколько опасно плавание конкретного судна в конкретной точке навигационного пространства (навигационного поля):

$$p = \frac{S_N}{r_{No}}, \quad (1)$$

где S_N – уровень навигационной опасности – скалярная величина, количественно определяющая уровень опасности плавания судна в конкретной точке навигационного поля (безотносительно к конкретному судну); r_{No} – навигационный ресурс [24] – скалярная величина, количественно и комплексно описывающая текущую динамику движения конкретного судна и его маневренные характеристики в контексте навигационного поля.

Таким образом очевидно, что чем выше аварийный потенциал, тем более опасной является навигация судна в конкретной точке поля.

Понятие аварийного потенциала, так же как и формула (1) восходят к теории электростатического поля и таким понятиям как электрический потенциал ϕ , заряд q и

потенциальная энергия заряда W . Так, электрический потенциал определяется формулой:

$$\varphi = \frac{W}{q}, \quad (2)$$

т.е. потенциал – это характеристика электрического поля, которая показывает, какой потенциальной энергией обладает единичный электрический заряд, помещённый в поле.

Здесь резонно скорректировать определение аварийного потенциала, приведя его к следующему: аварийный потенциал – это характеристика навигационного поля, которая показывает, насколько опасна навигация судна в данной точке (пикселе) поля судном, которое обладает единичным навигационным ресурсом.

Для обеспечения возможности более наглядного описания навигационного поля в дополнение к аварийному потенциалу введём ещё несколько следующих, производных от него полевых характеристик.

Теоретический навигационный оптимум $NO_T = p_{min T}$ – это наименьшее из всех возможных значение аварийного потенциала, который только может быть получен при его расчёте (определении) по предназначенной для этого методике (подлежит обоснованию). Здесь предполагается, что аварийный потенциал также, как вероятность навигационной аварии или инцидента, никогда не может быть равен нулю. Однако методика вычисления аварийного потенциала может не дать возможности определить точное значение теоретического оптимума, и он будет представлять ещё большую абстракцию, чем сам аварийный потенциал. По этой причине более интересен будет не теоретический, а практический навигационный оптимум, т.е. минимум, переделаемый не методологически, а апостериорно.

Практический навигационный оптимум $NO_P = p_{min P}$ – это наименьшее из всех возможных значений аварийного потенциала, который когда-либо наблюдался в характеризующейся точке навигационного поля. Иными словами, практический оптимум определяется наилучшей совокупностью условий плавания из всех, что имели место быть за всю историю наблюдений на оцениваемом навигационном пространстве (применительно к конкретной точке навигационного поля).

Теоретический и практический навигационные оптимумы являются, по сути, двумя вариантами нормирования аварийного потенциала (представляют собой «абсолютные потенциальные нули»).

Схождение оптимумов $CNO = NO_P - NO_T$ – это разность между практическим и теоретическим навигационными оптимумами.

Практический навигационный оптимум n -процентной обеспеченности $NO_{Pn} = p_n$ – это такое значение, которое не превышал аварийный потенциал суммарно в течение $n\%$ времени наблюдения.

Аналогичным образом определяются теоретический и практический максимумы аварийного потенциала $M_P = p_{max P}$ и $M_T = p_{max T}$, а также практический максимум m -процентной обеспеченности $M_{Pm} = p_m$.

Редукция оптимальности $R = p_{тек} - p_{min P} = p_{тек} - NO_P$ – это отстояние текущего (или прогнозного) значения аварийного потенциала данной точки навигационного поля от практического навигационного оптимума этой точки.

Относительная редукция оптимальности

$$RR = \frac{(p_{тек} - p_n)}{(p_m - p_n)} = \frac{(p_{тек} - NO_P)}{(M_{Pm} - NO_{Pn})}$$

– это отношение редукции оптимальности к величине интервала значений аварийного потенциала, заключенного между значениями практического навигационного оптимума n -процентной обеспеченности и практического максимума m -процентной обеспеченности, т.е. интервала $(NO_{Pn}; M_{Pm})$. Очевидно, что эта

характеристика наглядней всего отражает уровень аварийного потенциала навигационного поля в данной его точке.

Использование предложенных вспомогательных характеристик навигационного поля позволит проводить глубокий анализ временной и пространственной динамики навигационного поля и принимать её к учёту как при поддержке принятия решения судоводителем в случае пилотируемых судов, так и в алгоритме определения траектории движения морским автономным надводным судном.

Результаты

Примем, что в границах одного пикселя аварийный потенциал всех точек одинаков и равен аварийному потенциалу точки навигационного поля, являющейся центром пикселя.

Оптимальная траектория движения судна тогда будет определяться направлением градиента аварийного потенциала, т.е. направлением между центром текущего пикселя и таким центром одного из смежных пикселей, в отношении которого уменьшение навигационного потенциала из расчёта на единицу расстояния при перемещении в этот центр судна будет максимальным. Иными словами, оптимальная траектория движения судна будет определяться направлением вектора напряженности навигационного поля:

$$\vec{E}_0 = -\text{grad } p_0. \quad (3)$$

Здесь необходимо и уместно ещё раз вернуться к вопросу аналогии, причём не только с теорией электростатического поля, но и с теорией поля гравитационного. Несмотря на значительное отличие в самой природе электростатического и гравитационного полей, классические математические модели, лежащие в основе их теорий во многом схожи, а местами и тождественны.

Именно по этой причине, т.е. чтобы соблюсти сходство (аналогию) с электростатическим полем, за основную полевую характеристику навигационного поля принята «негативная» величина в том смысле, что используется аварийный потенциал, определяющий опасность плавания, а, не, например, навигационный потенциал, связанный с безопасностью.

Навигационное поле и движение в нём судна схематично и наглядно представлено на рис. 2. Здесь навигационная среда судна разделена на пиксели, каждый из которых имеет свой аварийный потенциал. Величина аварийного потенциала оценивается цветовой шкалой (девять цветов).

При совместном плавании каждое судно-цель будет являться источником возмущающего поля с аварийным потенциалом, определяемым как

$$p_B = k \frac{r_{NB}}{D}, \quad (4)$$

где r_{NB} – навигационный ресурс встречного судна (судна-цели), D – расстояние между судном-целью и точкой (центром пикселя) навигационного поля, для которого определяется аварийный потенциал.

Коэффициент k , входящий в формулу (4), имеет смысл аварийного потенциала возмущающего поля, создаваемого встречным судном с $r_{NB} = 1$ на расстоянии 1 миля от него.

При наличии возмущающего (возмущающих) полей результирующий потенциал для любой точки возмущённого аварийного поля в соответствии с принципом суперпозиции будет определяться алгебраической суммой потенциалов невозмущенного и возмущающих полей, созданных каждым судном-целью в отдельности.

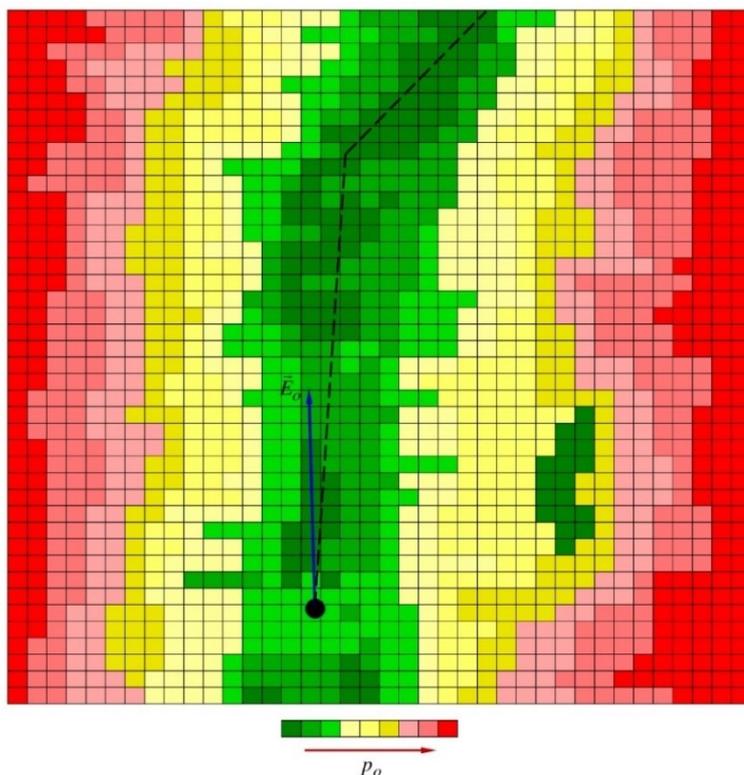


Рис. 2. Навигационное поле судна при одиночном плавании

Динамика движения нашего и встречного судов в локальном навигационном поле такова, что возмущённое навигационное поле будет меняться очень интенсивно. Для выработки траектории движения судна в такой ситуации необходим постоянный анализ прогностического разновременного навигационного поля (т.е. совокупности одновременных полей на последовательные промежутки времени, которые далее будут обозначаться термином прогностические навигационные кадры или просто навигационные кадры). Последовательность навигационных кадров даёт возможность автономному судну оценить ближайшую динамику навигационного поля и выбрать манёвр на расхождение.

На рис. 3-5 схематично представлены три навигационных кадра разновременного прогностического навигационного поля.

Обсуждение

Очевидно, что сформулированное выше формальное правило выбора и реализации МАНС своей траектории должно быть дополнено рядом ограничений. В первую очередь для всех возможных в конкретный момент времени направлений векторов напряжённости следует установить границы сектора таким образом, чтобы движение судна по любому из направлений было физически осуществимо.

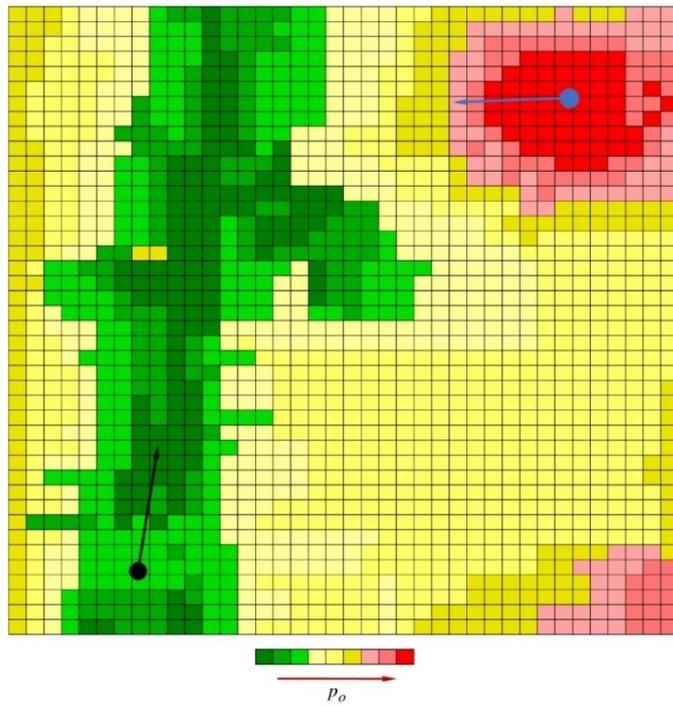


Рис. 3. Расхождение со встречным судном в навигационном поле (навигационный кадр nf 1)

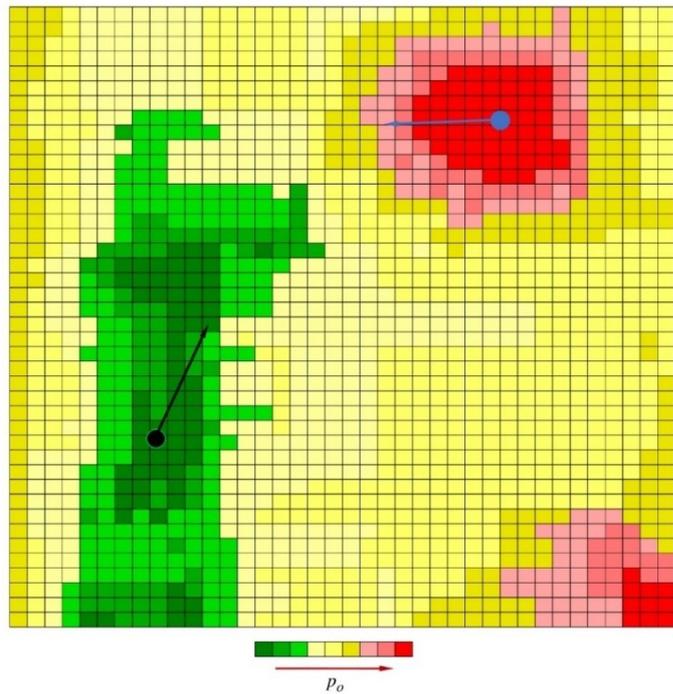


Рис. 4. Расхождение со встречным судном в навигационном поле (навигационный кадр nf 2)

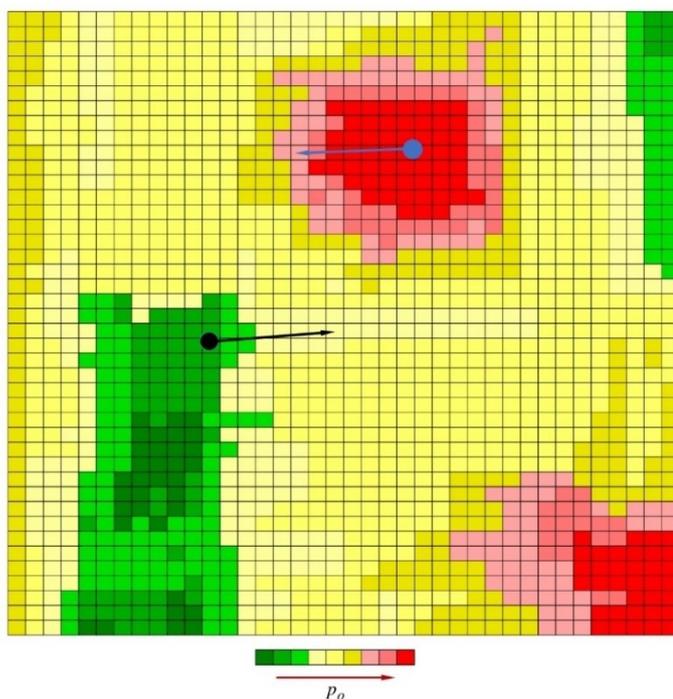


Рис. 5. Расхождение со встречным судном в навигационном поле (навигационный кадр pf 3)

Второе очевидное ограничение является тривиальным, существующим в современных авторулевых и называемое чувствительностью. Во избежание износа и поломки рулевой машины изменение траектории движения МАНС должно происходить не одновременно с изменением направления вектора напряженности, а лишь тогда, когда вектор движения судна достигнет заданного угла (чувствительности) относительно вектора напряжённости.

Очевидно, что количество ограничений и условий должно быть много больше представленного, и их обоснование является одной из дальнейших задач исследования.

Для первичного понимания физического смысла величины S_N , а также для расчёта этой величины в первом приближении, можно использовать схожую по содержанию и назначению величину – сложность навигационной ситуации (CNS), как она описана в [25-27]. Величина CNS является величиной, агрегированной по отношению к семнадцати компонентам навигационной ситуации, среди которых глубина, характеристики ветра, волнения и течения, видимость и т.д., и дифференцированной по акваториям плавания – открытое море, прибрежное плавание, стеснённые воды. Алгоритм расчёта заключается в переводе значений характеристик компонент навигационной ситуации, представленных в традиционном выражении, в значения расчётных коэффициентов K_i и дальнейшее вычисление CNS по формуле:

$$CNS = 1 - \prod_{i=1}^{17} (1 - K_i).$$

Полученное в результате значение не может быть меньше нуля и больше 1.

Одним из направлений дальнейшего развития концепции навигационного поля видится её интеграция с концепцией цифровых двойников. Под цифровым двойником судна здесь понимается такой набор информации о МАНС, как физическом объекте, который позволит делать любые выводы о текущем и будущем функционировании самого объекта без обращения к нему. В нашем случае, т.е. в случае выбора и реализации МАНС траектории своего движения, посредством цифрового двойника

можно подобрать такое управляющее воздействие, которое практически безошибочно обеспечит движение по требуемой траектории. Таким образом, совмещение полевой и двойниковой концепций будет иметь большой синергетический эффект. Следует также заметить, что если в современных условиях запись цифрового двойника судна происходит во время его эксплуатации, то с развитием автономного судоходства МАНС будут с самого начала обеспечены своими цифровыми двойниками (причём не только цифровыми двойниками навигации). Более того, цифровые двойники всех судов (и не только судов-прототипов) возможно будут объединены в единый цифровой двойник всего мирового флота.

Заключение

Морские автономные надводные суда хотя и не являются панацеей от аварийности, но своим появлением и развитием в составе мирового флота количество человеческих жертв они очевидно устремят к нулю. В связи с МАНС не стоит также забывать и экономический аспект их развития. Автономный флот сделает более выгодными перевозки морем. Вместе с тем, готовых к промышленной эксплуатации решений пока ещё не существует, а эволюция морских автономных надводных судов находится на стадии опытных образцов и интенсивных теоретических и прикладных исследований. В соответствии с периодизацией, представленной в [28], можно сказать, что МАНС сейчас находится на пересечении периода теорий и концепций и периода концептов и пилотных проектов.

Одной из текущих ключевых задач исследований в области МАНС является задача выбора и реализации траектории движения автономного судна. Полученные же в настоящей работе результаты – концепция навигационного поля и формальное правило определения направления движения МАНС по направлению напряжённости поля (по градиенту аварийного потенциала) – при дальнейшем их развитии могут привести если не к общему, то к частному решению указанной ключевой задачи.

В рамках продолжения исследования видится в первую очередь необходимым разработка методик определения уровня навигационной опасности, навигационного ресурса, решение задачи установления промежутков времени, которые необходимо принимать во внимание при определении оптимумов и максимумов, а также уровней обеспеченности m и n и т.д. Для успешного решения этих и других задач функционирования МАНС современная наука предоставляет разнообразный эффективный инструментарий, в числе которого, например, нечёткая логика и нейросетевые технологии.

Список литературы

1. Ермаков С.В., Малинин Н.Ж., Мулина Е.В. Морские автономные надводные суда: проблемы терминологии, классификации и нормативно-правового регулирования // Новые стратегии и технологии морского судоходства и промысла: Материалы Первой национальной научно-технической конференции, Калининград, 25 февраля 2022 года / Отв. за выпуск Т.С. Станкевич. Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. С. 81-85.
2. Коротков В.Ю. Развитие технологии морских автономных надводных судов [Электронный ресурс]. – URL: <https://kmu.itmo.ru/file/download/application/4149> (дата обращения: 24.09.2025).
3. Naeem W., Oliveira Henrique S.C., AbuTair M. Collision avoidance of maritime vessels // Navigation and Control of Autonomous Marine Vehicles. 2019. Pp. 61-84. DOI: 10.1049/PBTR011E_ch3.
4. Дыда А.А., Пушкарев И.И., Чумакова К.Н. Алгоритм обхода статических препятствий для безэкипажного судна // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2021. Т. 13. № 3. С. 307-315. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-307-315.

5. Lazarowska A. Ship's Trajectory Planning for Collision Avoidance at Sea Based on Ant Colony Optimisation // *The Journal of Navigation*. 2015. Vol. 68. Pp. 291-307. DOI: 10.1017/S0373463314000708.
6. Kuwata Y., Wolf M.T., Zarzhitsky D. Safe Maritime Navigation with COLREGS Using Velocity Obstacles // 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE, 2011. Pp. 4728-4734. DOI: 10.1109/IROS.2011.6094677
7. Wang C., Zhang X., Cong L., Li J., Zhang J. Research on intelligent collision avoidance decision-making of unmanned ship in unknown environments // *Evolving Systems*. 2019. Vol. 10. Is. 4. Pp. 649-658. DOI: 10.1007/s12530-018-9253-9.
8. Седова Н.А., Седов В.А. Метод расхождения морских судов в зоне чрезмерного сближения на основе нейронечетких технологий // *Известия Юго-Западного государственного университета*. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2018. Т. 8. № 4 (29). С. 53-62.
9. Benjamin M.R., Curcio J.A., Leonard J.J., Newman P.M. Navigation of unmanned marine vehicles in accordance with the rules of the road // *Proceedings 2006 IEEE International Conference on Robotic and Automation*, 2006. IEEE, 2006. Pp. 3581-3587.
10. Perera L.P., Carvalho J.P., Guedes Soares C. Autonomous guidance and navigation based on the COLREGs rules and regulations of collision avoidance // *Proceedings of the international workshop advanced ship design for pollution prevention*. London, UK: Taylor & Francis Group, 2010. Pp. 205-216.
11. Смоленцев С.В., Сазонов А.Е., Искандеров Ю.М. Кооперативное маневрирование безэкипажных судов для безопасного расхождения в море // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. 2018. Т. 10. № 4. С. 687-695. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-687-695.
12. Rego F.C., Hung N.T., Jones C.N., Pascoal A.M., Aguiar A.P., Sharma S., Subudhi B. Cooperative path-following control with logic-based communications: Theory and practice // *Navigation and Control of Autonomous Marine Vehicles*. 2019. Pp. 187-224. DOI: 10.1049/PBTR011E_ch8.
13. Shen H., Hashimoto H., Matsuda A., Taniguchi Y., Terada D., Guo C. Automatic collision avoidance of multiple ships based on deep Q-learning // *Applied Ocean Research*. 2019. Vol. 86. Pp. 268-288. DOI: 10.1016/j.apor.2019.02.020.
14. Hu Y., Zhang A., Tian W., Zhang J., Hou Z. Multi-ship collision avoidance decision-making based on collision risk index // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2020. Vol. 8. Is. 9. Pp. 640. DOI: 10.3390/jmse8090640.
15. Sawada R., Sato K., Majima T. Automatic ship collision avoidance using deep reinforcement learning with LSTM in continuous action spaces // *Journal of Marine Science and Technology*. 2020. Pp. 1-16. DOI: 10.1007/s00773-020-00755-0.
16. Li Y., Zheng J. Deep learning structure for collision avoidance planning of unmanned surface vessel // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2021. Vol. 235. Is. 2. Pp. 511-520. DOI: 10.1177/1475090220970102.
17. Guo S., Zhang X., Zheng Y., Du Y. An autonomous path planning model for unmanned ships based on deep reinforcement learning // *Sensors*. 2020. Vol. 20. Is. 2. Pp. 426. DOI: 10.3390/s20020426.
18. Xie S., Chu X., Zheng M., Liu C. A composite learning method for multi-ship collision avoidance based on reinforcement learning and inverse control // *Neurocomputing*. 2020. Vol. 411. Pp. 375-392. DOI: 10.1016/j.neucom.2020.05.089.
19. Триполец О.Ю. Обзор существующих методов расхождения безэкипажных судов // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. 2021. Т. 13. № 4. С. 480-495. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-4-480-49/
20. Иванов Д.С., Брюханов Д.А. Обзор направлений развития техноценоза // *Вестник науки*. 2022. Т. 4. № 11(56). С. 297-303.
21. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Цветков В.Я. Терминологические отношения // *Фундаментальные исследования*. 2009. № 5. С. 146-148.
22. Ожерельева Т.А. Об отношении понятий информационное пространство, информационное поле, информационная среда и семантическое окружение // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 10. С. 21-24.

23. Tsvetkov V.Ya. Information field // Life Science Journal. 2014. № 11(5). Pp. 551-554.
24. Ермаков С.В., Мулина Е.В. Первичная математическая формализация понятия «навигационный ресурс» в контексте концепции навигационного поля // Эксплуатация морского транспорта. 2025. № 2(115). С. 10-15.
25. Ермаков С.В., Бондарев В.А. Управление риском чрезвычайных ситуаций на основе прогнозирования и минимизации влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2017. № 5. С. 66-73.
26. Ермаков С.В. Превентивное регулирование человеческого фактора в морском судождении // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2016. № 5(39). С. 39-50. DOI 10.21821/2309-5180-2016-8-5-39-50.
27. Ермаков С.В. Метод формализованной оценки сложности навигационной ситуации // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2014. № 4(26). С. 26-31.
28. Ермаков С.В., Малинин Н.Ж., Мулина Е.В. Ретроспективная и перспективная периодизация развития технологий автоматизации процессов судождения // Новые стратегии и технологии морского судоходства и промысла. Материалы III национальной научно-технической конференции на базе ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет. 28 марта 2024 года. Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. С. 41-45.

References

1. Ermakov S.V., Malinin N.Zh., Mulina E.V. Morskie avtonomnye nadvodnye suda: problemy terminologii, klassifikacii i normativno-pravovogo regulirovaniya [Maritime Autonomous Surface Ships: problems of terminology, classification and legal regulation] // Novye strategii i tehnologii morskogo sudohodstva i promysla: Materialy Pervoj nacional'noj nauchno-tehnicheskoy konferencii, Kaliningrad, 25 fevralja 2022 goda / Otv. za vypusk T.S. Stankevich. Kaliningrad: Izd-vo BGARF FGBOU VO «KGTU», 2022. (In Russ). Pp. 81-85.
2. Korotkov V.Ju. Razvitie tehnologii morskikh avtonomnykh nadvodnykh sudov. URL: <https://kmu.itmo.ru/file/download/application/4149> (24.09.2025).
3. Naeem W., Oliveira Henrique S.C., AbuTair M. Collision avoidance of maritime vessels // Navigation and Control of Autonomous Marine Vehicles. 2019. Pp. 61-84. DOI: 10.1049/PBTR011E_ch3.
4. Dyda A.A., Pushkarev I.I., Chumakova K.N. Algoritm obhoda staticheskikh prepjatstvij dlja bezjeki pazhnogo sudna [Static obstacles avoidance algorithm for unnamed ship] // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. 2021. Vol. 13. № 3. (In Russ). Pp. 307-315. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-3-307-315.
5. Lazarowska A. Ship's Trajectory Planning for Collision Avoidance at Sea Based on Ant Colony Optimisation // The Journal of Navigation. 2015. Vol. 68. Pp. 291-307. DOI: 10.1017/S0373463314000708.
6. Kuwata Y., Wolf M.T., Zarzhitsky D. Safe Maritime Navigation with COLREGS Using Velocity Obstacles // 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE, 2011. Pp. 4728-4734. DOI: 10.1109/IROS.2011.6094677
7. Wang C., Zhang X., Cong L., Li J., Zhang J. Research on intelligent collision avoidance decision-making of unmanned ship in unknown environments // Evolving Systems. 2019. Vol. 10. Is. 4. Pp. 649-658. DOI: 10.1007/s12530-018-9253-9.
8. Sedova N.A., Sedov V.A. Metod rashozhdenija morskikh sudov v zone chrezmernogo sbliženija na osnove nejronechjotkih tehnologij [Ships Passing Method in the Heavy Traffic Zone on Neuro-Fuzzy Base] // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoje priborostroenie. 2018. Vol. 8. № 4 (29). (In Russ). Pp. 53-62.
9. Benjamin M.R., Curcio J.A., Leonard J.J., Newman P.M. Navigation of unmanned marine vehicles in accordance with the rules of the road // Proceedings 2006 IEEE International Conference on Robotic and Automation, 2006. IEEE, 2006. Pp. 3581-3587.
10. Perera L.P., Carvalho J.P., Guedes Soares C. Autonomous guidance and navigation based on the COLREGs rules and regulations of collision avoidance // Proceedings of the

- international workshop advanced ship design for pollution prevention. London, UK: Taylor & Francis Group, 2010. Pp. 205-216.
11. Smolencev S.V., Sazonov A.E., Iskanderov Ju.M. Kooperativnoe manevrirovanie bezjkipaznyh sudov dlja bezopasnogo rashozhdenija v more [Cooperative maneuvering of unmanned ships for collision avoidance at sea] // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. 2018. Vol. 10. № 4. (In Russ). Pp. 687-695. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-4-687-695.
 12. Rego F.C., Hung N.T., Jones C.N., Pascoal A.M., Aguiar A.P., Sharma S., Subudhi B. Cooperative path-following control with logic-based communications: Theory and practice // Navigation and Control of Autonomous Marine Vehicles. 2019. Pp. 187-224. DOI: 10.1049/PBTR011E_ch8.
 13. Shen H., Hashimoto H., Matsuda A., Taniguchi Y., Terada D., Guo C. Automatic collision avoidance of multiple ships based on deep Q-learning // Applied Ocean Research. 2019. Vol. 86. Pp. 268-288. DOI: 10.1016/j.apor.2019.02.020.
 14. Hu Y., Zhang A., Tian W., Zhang J., Hou Z. Multi-ship collision avoidance decision-making based on collision risk index // Journal of Marine Science and Engineering. 2020. Vol. 8. Is. 9. Pp. 640. DOI: 10.3390/jmse8090640.
 15. Sawada R., Sato K., Majima T. Automatic ship collision avoidance using deep reinforcement learning with LSTM in continuous action spaces // Journal of Marine Science and Technology. 2020. Pp. 1-16. DOI: 10.1007/s00773-020-00755-0.
 16. Li Y., Zheng J. Deep learning structure for collision avoidance planning of unmanned surface vessel // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Mari-time Environment. 2021. Vol. 235. Is. 2. Pp. 511-520. DOI: 10.1177/1475090220970102.
 17. Guo S., Zhang X., Zheng Y., Du Y. An autonomous path planning model for unmanned ships based on deep reinforcement learning // Sensors. 2020. Vol. 20. Is. 2. Pp. 426. DOI: 10.3390/s20020426.
 18. Xie S., Chu X., Zheng M., Liu C. A composite learning method for multi-ship collision avoidance based on reinforcement learning and inverse control // Neurocomputing. 2020. Vol. 411. Pp. 375-392. DOI: 10.1016/j.neucom.2020.05.089.
 19. Tripolec O.Ju. Obzor sushhestvujushih metodov rashozhdenija bezjkipaznyh sudov [Overview of existing methods of autonomous vessels collision avoidance] // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova. 2021. Vol. 13. № 4. (In Russ). Pp. 480-495. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-4-480-495.
 20. Ivanov D.S., Brjuhanov D.A. Obzor napravlenij razvitija tehnocenoza [Overview of the direction of technocenos development] // Vestnik nauki. 2022. T. 4. № 11(56). (In Russ). Pp. 297-303.
 21. Tihonov A.N., Ivannikov A.D., Cvetkov V.Ja. Terminologicheskie otnoshenija // Fundamental'nye issledovanija. 2009. № 5. (In Russ). Pp. 146-148.
 22. Ozherel'eva T.A. Ob otnoshenii ponjatij informacionnoe prostranstvo, informacionnoe pole, informacionnaja sreda i semanticheskoe okruzenie // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. № 10. (In Russ). Pp. 21-24.
 23. Tsvetkov V.Ya. Information field // Life Science Journal. 2014. № 11(5). Pp. 551-554.
 24. Ermakov S.V., Mulina E.V. Pervichnaja matematicheskaja formalizacija ponjatija «navigacionnyj resurs» v kontekste koncepcii navigacionnogo polja [Primary mathematical formalization of the «navigation resource» concept in the context of the navigation field theory] // Jekspluatacija morskogo transporta. 2025. № 2(115). (In Russ). Pp. 10-15.
 25. Ermakov S.V., Bondarev V.A. Upravlenie riskom chrezvychajnyh situacij na osnove prognozirovanija i minimizacii vlijanija chelovecheskogo faktora na navigacionnuju bezopasnost' plavanija sudna [Risk management of emergencies based on prediction and minimization of the influence of the human factor on navigational safety of the vessel] // Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij. 2017. № 5. (In Russ). Pp. 10-15 66-73.
 26. Ermakov S.V. Preventivnoe regulirovanie chelovecheskogo faktora v morskome sudovozhdenii [Preventive regulation of the human factor in marine navigation] // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. 2016. № 5(39). (In Russ). Pp. 39-50. DOI 10.21821/2309-5180-2016-8-5-39-50.
 27. Ermakov S.V. Metod formalizovanoj ocenki slozhnosti navigacionnoj situacii [Method of formalized assessment of complexity of navigational situation] // Vestnik gosudarstvennogo

universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. 2014. № 4(26). (In Russ). Pp. 26-31.

28. Ermakov S.V., Malinin N.Zh., Mulina E.V. Retrospektivnaja i perspektivnaja periodizacija razvitija tehnologij avtomatizacii processov sudovozhdenija [] // Novye strategii i tehnologii morskogo sudohodstva i promysla. Materialy III nacional'noj nauchno-tehnicheskoj konferencii na baze FGBOU VO «Kaliningradskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet. 28 marta 2024 goda. Kaliningrad: Izd-vo BGARF FGBOU VO «KGTU», 2024. (In Russ). Pp. 41-45.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ермаков Сергей Владимирович, к.т.н.,
доцент кафедры судовождения и безопасности
мореплавания, Калининградский
государственный технический университет
(ФГБОУ ВО «КГТУ»), 236029, г.
Калининград, ул. Молодёжная, 6, e-mail:
sv.ermakov@bgarf.ru

Sergey V. Ermakov, Ph.D. in Engineering
Science, Associate Professor of Department of
Navigation and Maritime Safety, Kaliningrad
State Technical University, 6, Molodeznaya
str., Kaliningrad, 236029

Мулина Елена Вадимовна, второй
помощник капитана УПС «Седов»,
Калининградский государственный
технический университет (ФГБОУ ВО
«КГТУ»), 236029, г. Калининград, ул.
Молодёжная, 6, e-mail: mulina409@gmail.com

Elena V. Mulina, Second Mate of STV
«Sedov», Kaliningrad State Technical
University, 6, Molodeznaya str., Kaliningrad,
236029

Статья поступила в редакцию 25.09.2025; принята к публикации 24.10.2025;
опубликована онлайн 20.12.2025. Received 25.09.2025; published online 20.12.2025.

УДК 659.62

DOI: 10.37890/jwt.vi85.628

Ледовый паспорт речного ледокола: особые работы

В.А. Лобанов

ORCID: 0000-0002-0931-7317

В.И. Тихонов

ORCID: 0000-0002-3147-0668

Ю.Н. Уртминцев

ORCID: 0009-0001-4534-4347

Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Статья дополняет серию авторских публикаций с обзором опыта эксплуатации ледоколов проекта 1191 в ледовых условиях внутренних и прибрежных морских водных путей РФ. В настоящей работе выполнен анализ натурных данных в особых режимах работы исследуемых судов.

Показано, что в «запредельных» ледовых условиях для ледокола исследуемого проекта безопасность и потенциальная эффективность ледокольных операций определяется технологией только совместной работы нескольких судов.

Количественно подтверждено, что проводки флота одним ледоколом через затруднительные участки требуют соблюдения ограничений состава каравана только ледовокатегорийными транспортными судами в соответствии с преобладающими ледовыми условиями.

Сделан вывод о том, что при освобождении транспортного судна, «затёртого» во льдах, безопасность и эффективность его околки обеспечивается одновременной работой с обоих бортов судна двумя ледоколами на минимальном траверзном расстоянии от него при попутном движении.

Ключевые слова: ледяной покров, запредельные льды, ледокол, ледовые качества, прокладка канала, околка судов, спасание во льдах

River icebreaker ice passport: special works

Vasily A. Lobanov

ORCID: 0000-0002-0931-7317

Vadim I. Tikhonov

ORCID: 0000-0002-3147-0668

Yuri N. Urtmintsev

ORCID: 0009-0001-4534-4347

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article additions a series of author's publications with an overview of the experience of operating icebreakers of Project 1191 in the ice conditions of the inland and coastal sea waterways of the Russian Federation. In this paper, the analysis of field data in special operating modes of the vessels under study is carried out.

It is shown that in the «extreme» ice conditions for an icebreaker of the studied project, the safety and potential effectiveness of icebreaking operations is determined only by the technology of several vessels working together.

It has been quantitatively confirmed that the passage of the fleet by one icebreaker through hard passed areas requires compliance with the restrictions on the composition of the caravan only by icebreaking transport vessels in accordance with the prevailing ice conditions.

It is concluded that when a transport vessel is released, «trapped» in the ice, the safety and effectiveness of its rescue are ensured by simultaneous operation from both sides of the vessel by two icebreakers at a minimum traverse distance from it while passing through.

Keywords: ice cover, icebreaker, ice performances, ice channel create, vessels ice assistance, rescue in ices

Введение

Данная статья расширяет серию публикаций, представленную автором в работах [1-3].

Рассматриваемые в упомянутых работах суда – это мелкосидящие многовинтовые ледоколы проекта 1191 типа «Капитан Евдокимов» [4]. Этот проект «разменял» уже пятый десяток лет эксплуатации. На нём закончилась серийная постройка ледоколов для внутренних водных путей России (ВВП РФ).

Сорокалетний период активной эксплуатации этих судов раскрыл как их недостатки, так и преимущества по отношению к более ранним версиям ледоколов, построенных для ВВП РФ [5]. Основным преимуществом ледоколов данного типа следует признать высокий уровень критерия «ледопроездимость/осадка». Последнее гарантирует безопасность и эффективность ледокольного обеспечения воднотранспортных операций на мелководных участках в устьях рек и в прибрежных морских районах РФ.

Отсутствие альтернативы этим судам вынуждает «Росморпорт» сохранять эксплуатационную пригодность всех ледоколов проекта 1191, несмотря на ощутимые «возрастные болезни» этих судов. Однако их истощённый ресурс бесспорно актуализировал проблему обновления ледокольного флота для ВВП РФ, решение которой доступно только при государственной поддержке [6-8].

В рамках заявленной тематики в данной статье проанализированы материалы различных рукописных трудов, авторских архивов, полевых испытаний и многолетних эксплуатационных наблюдений за судами данного проекта [9, 10]. Представленная «информация к размышлению» может быть полезна потенциальным разработчикам речных ледокольных средств.

Ледокольные работы в запредельных льдах

Нижняя граница параметра «запредельный лёд» количественно оценивается как 1,25 от расчётной ледопроездимости ледокола [1, 2, 9, 10]. При этом одиночное судно теряет всякую способность преодолевать сплошной ледяной покров в режиме непрерывного движения. Ходкость и маневренность реализуются только его возвратно-поступательными перемещениями. Для исследуемого проекта ледокола эта характеристика подтверждена натурными данными на уровне 1,0 м.

Эксплуатационные характеристики одиночного ледокола в запредельных льдах приведены в работах [1, 2, 9, 10]. Однако практика показала, что для таковых условий эффективность ледокольных операций (а, возможно, и безопасность) определяется технологией *только совместной* работы нескольких ледоколов. Это наглядно продемонстрировал опыт первых лет эксплуатации ледоколов проекта 1191 в ледовых условиях Обской губы.

Ледяной покров этого региона в весенне-летний период характеризовался экстремальными условиями: толщина льда разрушенностью не более 1 балла колебалась в пределах 1,5-2,2 м; высота плотного (до 0,35 т/м³) снежного покрова – 0,3-0,4 м; заторошенность достигала 3-х баллов. При этом производственное задание требовало прокладки и поддержания ледового судоходного канала до пункта назначения (Ямбурга), как минимум, за три недели до сроков естественного очищения ото льдов южной части губы.

Уже начальный этап ледокольных работ с очевидностью показал, что выполнение задания одним ледоколом невозможно. Практически в конце каждого «набега» судно заклинивалось, на его освобождение уходило до одного часа. Причиной того были термические напряжения ледяного покрова, приводившие к слабому сжатию канала. В попытках оптимизировать технологию работ одиночного ледокола был отработан приём «ёлочка». Стал наблюдаться некоторый прогресс, но «ложконосый» корпус этого проекта (без штевня) сопротивлялся скалыванию кромки льда. Часто наблюдалось «расклинивание» ледокола (скольжение с дрейфом) между кромками канала с потерей инерции разбега судна.

В ровных льдах толщиной до 1,7-1,8 м на прямолинейных участках был реализован вариант совместной прокладки канала двумя однопроектными ледоколами построением «тандем». Этот приём увеличивал ход счала судов до 3-4 км/ч. Но термические сжатия льда, неуверенные манёвры кормового ледокола и непрямолинейность судового хода (обусловленная недостаточностью глубин и значительной толщиной льда) приводили к потере скорости, нередко движение стопорилось. Кроме того, в необорудованной для такой работы корме ведущего ледокола пары провоцировались повреждения. Учитывая затраты времени на перестройку «тандема», ходовой выигрыш по отношению к приёму «ёлочка» не превысил 20%.

После достаточного ряда неудачных попыток подготовки канала составом из трёх ледоколов с «упором в корму» от этого способа было решено отказаться. Следующие причины обусловили его неприемлемость:

- большие временные затраты на формирование / расформирование состава;
- повреждения кормы головного судна;
- практическая неуправляемость такого построения ледоколов (для удержания всех судов на одной линии).

По последней причине состав часто испытывал «переломы» и заклинивания даже при незначительных манёврах кормового судна.

Необходимость своевременного исполнения производственного задания потребовала участия в ледокольных работах третьего однотипного судна. При этом наилучшую результативность подготовки канала обеспечила работа «с коротким уступом» двух «ведущих» ледоколов, за которыми следовал «ведомый». При этом головные суда двигались «набегами» «шириной в корпус» или способом «ёлочка», а наиболее эффективная траверзная дистанция между ними составила около 3-х длин ледокола. Длина выбега по отношению к однотипному приёму при одиночной работе увеличилась в среднем на 30-35%, а скалывание ледяного покрова между ледоколами в основном происходило в траверзном направлении. Увеличение траверзного расстояния начинало провоцировать заклинивания вследствие ледового сжатия, а сближение судов – к сильному опосредованному взаимодействию. Последнее порождало вероятность их «свала» при несогласованности манёвров.

Дополнительный выигрыш в скорости сочетался с существенным увеличением ширины проложенного канала. Это обеспечивалось за один проход судов при условии, что «ведомый» ледокол дробил ледяные поля, остававшиеся между каналами за «ведущими» ледоколами. Сложность реализации такого приёма состояла в синхронизации «набегов» и строгом выдерживании «ведомым» безопасной дистанции. Синхронизация не всегда удавалась, в результате чего один из головных ледоколов мог на короткое время заклинить.

В значительно более поздние сроки автором были реализованы попытки провести теоретический анализ такой работы ледоколов. Опыты с применением САЕ-систем рекомендовали следующие оптимальные показатели: взаимовлияние судов должно находиться на уровне 20% от силы сжатия, создаваемой ледоколом на кромке канала; увеличение траверзной дистанции более 4-х длин корпусов снижало взаимовлияние до 7-10%, а сближение судов на расстояние в корпус приводило к его росту до 50% [11].

Проводки флота

Ледоколы проекта 1191 обычно используются при проводках транспортных судов на участках ледовых затруднений, таких как зазоры, заторы, зоны сжатий. Если транспортные суда не в состоянии двигаться за ледоколом самостоятельно, применяется их буксировка на длинном или коротком буксире (до 15 м). Допустима буксировка вплотную (с «упором в корму» ледокола).

При отсутствии сжатия льда и наличии ледового канала в заторе осуществляется проводка транспортных судов в караванах, эффективность которой в значительной степени зависит от количества судов в караване. Многолетний опыт ледовых транспортных операций с участием исследуемого проекта ледокола рекомендует оптимальное количество равнокатегорийных судов в караване за ледоколом (Табл. 1) [9]. При этом подразумевается, что проводка реализуется через участки ледовых затруднений по заранее подготовленным ледовым каналам. Количество судов рассчитано для случая, когда они ожидают проводки у кромки тяжелого льда.

Таблица 1

Оптимальное количество судов в караване за ледоколом проекта 1191 при проводках через участки ледовых затруднений

Ледовая категория судна по правилам РКО	Ледовый класс судна по правилам РМРС	Толщина льда, м					
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Лёд-80	Ice-3	7	5-6	4-5	3-4	3	2-3
Лёд-60	Ice-2	6-7	4-5	3-4	3	2-3	2
Лёд-40	Ice-1	5-6	4	3	3	2-3	2
Лёд-20		2	1				

Околка судов и аварийные работы

Опыт ледовых транспортных операций с участием ледоколов проекта 1191 убедительно показал, что ни одна из них не обходится без освобождения транспортных судов – либо потерявших ход, либо опасно зажатых льдами. Суда спасатели при этом вынуждены выполнять околку «пленённых» теплоходов. Таковые манёвры ледоколов, выполняемые в непосредственной окрестности аварийных судов, принято относить к специальным работам повышенной сложности.

Особую опасность околка представляет для транспортного судна, находящегося «на пределе» ледовой ходкости (при достижимой скорости не более 0,5 м/с). При этом напряжённо-деформированное состояние льда вокруг судна всегда провоцирует опасное стремление навала на него окальвающего ледокола. Спасателю для эффективной околки требуется выдерживать траверзную дистанцию не более 10 м. Поэтому безопасной практикой ледокольных работ рекомендовано следующее: попутный ход ледокола должен быть не выше «малого», встречный ход – «самый малый», при следовании вдоль окальваемого судна держать рули «прямо», маневрировать только движителями и ПОУ с борта, смежного транспортному судну.

Результативность околки требует создание среды, обеспечивающей возвращение транспортному судну способности к самостоятельному ледовому плаванию. Для низколедовокатегорийных судов внутреннего и смешанного река-море плавания – это тёртые и мелкобитые льды толщиной до 0,5 м. Одиночная работа ледокола далеко не всегда способна обеспечить требуемый результат (и, особенно, при подвижках ледяного покрова). Опыт показал, что для достижения этой цели необходимо и достаточно двух ледоколов исследуемого проекта. Их совместная околка с обоих

бортов транспорта гарантировала приобретение зажатому судну относительно быстрое восстановление эксплуатационной ледовой ходкости.

Аварийные и прочие работы всегда связаны с переносом грузов, оборудования, переходом людей между судном-спасателем и аварийным объектом. Также может потребоваться высадка спасательных (или научно-исследовательских) групп и легкомоторного транспорта на поверхность ледяного покрова. Реализация этих операций требует непосредственного сближения (а, возможно, и швартовки) ледокола с аварийным объектом.

Выполнение подхода и швартовочных операций значительно усложняется в условиях льда. Надёжный подход обеспечивается только при наличии свободного пространства воды от мелкобитого и тёртого льда между объектом и корпусом судна. В том случае, если у объекта наблюдается значительное течение, применяется следующая технология швартовочных операций:

- разрушение и измельчение льда за 2-3 прохода ледокола;
- подготовка ниже по течению ёмкости для принятия льда;
- спуск льда в ёмкость;
- швартовка в условиях чистой воды.

Если течение у объекта незначимо, швартовка в битом льду осуществляется следующим образом (Рис. 1) [9]:



Рис. 1. Схема швартовки ледокола к аварийному объекту

- подход к объекту ниже места швартовки на 1-2 длины корпуса под углом 20-40 градусов (положение I);
- продвижение ледокола вдоль объекта (скольжение с дрейфом) при обязательном использовании ПОУ со стороны борта швартовки и винтов с упором в противоположных направлениях (положение I);
- удаление льда, оставшегося между корпусом и причалом, потоком воды от ПОУ;
- подход кормы к причалу путём включения ПОУ на противоположный борт и переключок рулей (положение II).

Заключение

1. Практика показала, что для «запредельных» ледовых условий для ледокола исследуемого проекта безопасность и потенциальная эффективность ледокольных операций определяется технологией только совместной работы 3-х судов.

2. При проводках флота одним ледоколом через затруднительные участки рекомендуется лимитировать состав каравана только ледовокатегорийными транспортными судами в соответствии с преобладающими ледовыми условиями.
3. При освобождении транспортного судна, «затёртого» во льдах, безопасность и эффективность его оковки обеспечивается одновременной работой с обоих бортов судна двумя ледоколами на минимальном траверзном расстоянии от него при попутном движении.

Список литературы:

1. Лобанов, В. А. (2023). Ледовый паспорт речного ледокола: ходкость. Научные проблемы водного транспорта, (76), 219-228. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi76.390>
2. Лобанов, В. А. (2024). Ледовый паспорт речного ледокола: маневренность. Научные проблемы водного транспорта, (78), 169-177. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi78.438>
3. Лобанов, В. А. (2024). Ледовый паспорт речного ледокола: вентеризация и реконструкция. Научные проблемы водного транспорта, (81), 193-201. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi81.544>
4. Серийные речные суда. Пассажирские суда; сухогрузные теплоходы и танкеры; толкачи, буксиры; баржи; прочие суда. Т. 8, ЦБНТИ Минречфлота. – М.: Транспорт, 1987. – 230 с.
5. Справочник по серийным речным судам. Пассажирские суда; сухогрузные теплоходы и танкеры; толкачи, буксиры; баржи; прочие суда. Т. 7, ЦБНТИ Минречфлота. – М.: Транспорт, 1981. – 232 с.
6. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 г. № 327-р. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/8910>
7. Дрейбанд Д.В., Коршунов Д.А., Ничипорук А.О. Развитие инфраструктуры внутреннего водного транспорта: стратегические задачи, проблемы и перспективы // Научные проблемы водного транспорта, №74(1), 2023. – с. 96-104, DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi74.347>
8. Веселов Г.В., Кузмичев И.К., Минеев В.И., Новиков А.В. Обновление речного флота в условиях дефицита инвестиций // Научные проблемы водного транспорта, №61(2019), 2019. – с. 90-96. URL: <http://journal.vsuwt.ru/index.php/jwt/issue/view/4>
9. Ледовый паспорт ледокола проекта 1191. – Отчёт по теме НИР. Тронин В.А. – Горький, ГИИВТ, 1986. – 32 с.
10. Тронин В.А. Повышение безопасности и эффективности ледового плавания судов на внутренних водных путях: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук: специальность 05.22.16 – Судовождение / Горький, 1990. – 414 с.
11. Теоретические основы обеспечения безопасности судовождения на внутренних водных путях: монография / А.Н. Клементьев, И.К. Кузмичёв, В.А. Лобанов [и др.]; под. ред. И.К. Кузмичёва. – Нижний Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2020. – 124 с. – ISBN 978-5901722-73-2. – Текст: непосредственный.

References

1. Lobanov, V. A. (2023). Ledovyy pasport rechnogo ledokola: hodkost'. Nauchnye problemy vodnogo transporta, (76), 219-228. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi76.390>
2. Lobanov, V. A. (2024). Ledovyy pasport rechnogo ledokola: manevrennost'. Nauchnye problemy vodnogo transporta, (78), 169-177. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi78.438>
3. Lobanov, V. A. (2024). Ledovyy pasport rechnogo ledokola: vinterizaciya i rekonstrukciya. Nauchnye problemy vodnogo transporta, (81), 193-201. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi81.544>
4. Serijnye rechnye suda. Passazhirskie suda; suhogruznye teplohody i tankery; tolkachy, buksiry; barzhi; prochye suda. T. 8, CBNTI Minrechflota. – M.: Transport, 1987. – 230 s.
5. Spravochnik po serijnym rechnym sudam. Passazhirskie suda; suhogruznye teplohody i tankery; tolkachy, buksiry; barzhi; prochye suda. T. 7, CBNTI Minrechflota. – M.: Transport, 1981. – 232 s.

6. Strategiya razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda, utverzhdannaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29 fevralya 2016 g. № 327-r. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/8910>
7. Veselov G.V., Kuzmichev I.K., Mineev V.I., Novikov A.V. Obnovlenie rechnogo flota v usloviyah deficita investicij // Nauchnye problemy vodnogo transporta, №61(2019), 2019. – s. 90-96. URL: <http://journal.vsuwt.ru/index.php/jwt/issue/view/4>
8. Drejband D.V., Korshunov D.A., Nichiporuk A.O. Razvitie infrastruktury vnutrennego vodnogo transporta: strategicheskie zadachi, problemy i perspektivy // Nauchnye problemy vodnogo transporta, №74(1), 2023. – s. 96-104, DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi74.347>
9. Ledovyj pasport ledokola proekta 1191. – Otchyot po teme NIR. Tronin V.A. – Gor'kij, GIIVT, 1986. – 32 s.
10. Tronin V.A. Povyshenie bezopasnosti i effektivnosti ledovogo plavaniya sudov na vnutrennih vodnyh putyakh: dissertaciya na soiskanie uchyonoi stepeni doktora tekhnicheskikh nauk: special'nost' 05.22.16 – Sudovozhdenie / Gor'kij, 1990. – 414 s.
11. Teoreticheskie osnovy obespecheniya bezopasnosti sudovozhdeniya na vnutrennih vodnyh putyakh: monografiya / A.N. Klement'ev, I.K. Kuz'michyov, V.A. Lobanov [i dr.]; pod. red. I.K. Kuz'michyova. – Nizhnij Novgorod: Izd-vo FGBOU VO «VGUVT», 2020. – 124 s. – ISBN 978-5901722-73-2. – Tekst: neposredstvennyj.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лобанов Василий Алексеевич, профессор кафедры Судовождения и безопасности судоходства, доцент, д.т.н., «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Россия, Нижний Новгород, Нестерова 5, e-mail: lobbas@mail.ru; тел: +7 910 388 56 33

Vasily A Lobanov, Professor of department of Navigation and safety of navigation, associate professor, Dr. Sci. Tech., «Volga State University of Water Transport named after Admiral M.P. Lazarev» (FSFEI HE VSUWT), 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Nesterova 5

Тихонов Вадим Иванович, профессор кафедры Судовождения и безопасности судоходства, доцент, д.т.н., «Волжский государственный университет водного» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, Россия, Нижний Новгород, Нестерова 5, e-mail: vitnn12@mail.ru

Vadim I Tikhonov, Professor of department of Navigation and safety of navigation, associate professor, Dr. Sci. Tech., «Volga State University of Water Transport» (FSFEI HE VSUWT), 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Nesterova 5

Уртминцев Юрий Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой управления транспортом, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: yurtm@yandex.ru

Yuriy N. Urtmintsev, Doctor of Engineering Science, Professor of the Transport Management Department, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603950

Статья поступила в редакцию 23.05.2025; принята к публикации 01.09.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 23.05.2025; published online 20.12.2025.

УДК 351.862:347.79:656.6:341.225.5

DOI: 10.37890/jwt.vi85.635

Создание Морской администрации в Российской Федерации: правовые основы и зарубежный опыт

К.А. Савченков¹

ORCID: 0009-0008-5313-1588

А.В. Лобанов²

ORCID: 0009-0009-0582-3659

¹*Санкт-Петербургский морской технический университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

²*ПАО «Газпром», г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Целью исследования является обоснование создания в Российской Федерации единой публично-правовой компании «Морская администрация Российской Федерации» как инструмента реализации государственной морской политики и выполнения международных конвенционных обязательств (UNCLOS, SOLAS, STCW, MLC).

Проведен анализ нормативно-правовых актов РФ, международных конвенций, регламентирующих деятельность морских администраций. Используются методы сравнительно-правового анализа моделей морских администраций Великобритании (MCA), США (USCG и MARAD) и Гибралтара (GMA).

Выявлено отсутствие в российском законодательстве единого подхода к определению морской администрации: ее функции распределены между Минтрансом России, ФГУП «Росморпорт» и администрациями морских портов. Определены ключевые функции морской администрации: регистрация судов, технический надзор, расследование аварий, контроль за соблюдением конвенционных требований. Обоснована оптимальность организационно-правовой формы публично-правовой компании (ППК) для создания Морской администрации Российской Федерации.

Создание ППК «Морская администрация Российской Федерации» позволит централизовать функции государственного регулирования морской отрасли. Предложена трехуровневая модель управления с сохранением координационной роли Минтранса России. Иностраный опыт подтверждает эффективность единых административных структур в морском регулировании.

Ключевые слова: Морская администрация, публично-правовая компания, международные конвенции, государственное регулирование, безопасность мореплавания.

Maritime administration establishment in the Russian Federation: legal framework and international experience

Klim A. Savchenkov¹

ORCID: 0009-0008-5313-1588

Alexey V. Lobanov²

ORCID: 0009-0009-0582-3659

¹*St Petersburg state marine technical university, Saint Petersburg, Russia*

²*PJSC Gazprom, Saint Petersburg, Russia*

Abstract. This study aims to substantiate the creation of a unified public-law company «Maritime Administration of the Russian Federation» as an instrument for implementing state maritime policy and fulfilling international convention obligations (UNCLOS, SOLAS, STCW, MLC).

The research analyzes Russian regulatory legal acts and international conventions governing maritime administrations' operations. The comparative legal analysis method was applied to examine maritime administration models in the UK (MCA), USA (USCG and MARAD), and Gibraltar (GMA).

The study reveals the absence of a unified approach to defining maritime administration in Russian legislation, with its functions currently distributed among the Ministry of Transport, Rosmorport, and seaport authorities. Key functions of maritime administration have been identified: vessel registration, technical supervision, accident investigation, and compliance monitoring with convention requirements. The public-law company form is justified as optimal for establishing Russia's Maritime Administration.

The creation of the «Maritime Administration of the Russian Federation» public-law company will centralize state regulation functions in the maritime sector. A three-tier management model is proposed while maintaining the coordinating role of Russia's Ministry of Transport. International experience confirms the effectiveness of unified administrative structures in maritime regulation.

Keywords: Maritime administration, public-law company, international conventions, state regulation, maritime safety.

Введение

В современной глобальной экономике, где морские перевозки обеспечивают основную часть международной торговли, эффективное государственное регулирование отрасли становится критически важным. Центральную роль в этой системе играют морские администрации – специализированные органы государственной власти, осуществляющие комплексное управление в сфере торгового мореплавания, безопасности судоходства и устойчивого развития морской инфраструктуры.

Деятельность морских администраций охватывает широкий спектр функций от технического надзора за судами и сертификации экипажей до реализации на национальном уровне положений международных конвенций и расследования аварийных случаев. В условиях ужесточения экологических стандартов, цифровой трансформации отрасли и роста требований к безопасности их регулирующая роль приобретает особую значимость.

В данной статье проводится системный анализ института морских администраций как многофункционального механизма морской политики государств. Особое внимание в работе уделено:

- нормативно-правовым основам деятельности;
- выполнению конвенциональных требований;
- системе взаимодействия с национальными и международными организациями;
- сравнительному анализу моделей регулирования в разных юрисдикциях;
- современным вызовам и перспективам развития.

Представленный материал основан на анализе законодательных актов Российской Федерации, международных конвенций и лучших практиках ведущих морских держав, что позволяет комплексно оценить роль этих институтов в обеспечении устойчивого развития мирового судоходства.

Конвенциональное требование

Необходимость создания морской администрации установлена Конвенцией ООН по морскому праву (UNCLOS³⁷), статья 94 которой требует, чтобы каждое

³⁷ UNCLOS (United Nations Convention on the Law of the Sea) – это международный договор, регулирующий права и обязанности государств в использовании Мирового океана. Принят в 1982 году, вступил в силу в 1994 году. Подписан, но не ратифицирован США.

государство флага имело морскую администрацию, ответственную за регистрацию судов, контроль технического состояния судов, расследование аварий и нормативное правовое регулирование отношений в сфере морского судоходства [1]. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 г. возлагает на морскую администрацию полномочия по проверке судов и выдаче свидетельств, контролю за соблюдением требований к техническому состоянию судов [2]. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков (STCW 1978) требует, чтобы морская администрация осуществляла лицензирование моряков и контроль за учебными центрами [3]. Конвенция о труде в морском судоходстве (MLC 2006) предусматривает осуществление морской администрацией контроля условий труда моряков и проведение проверок условий их труда и быта на судах [4].

Резолюция Международной морской организации А.739(18) «Руководство по предоставлению полномочий организациям, действующим от имени администрации» уточняет, какие министерства или агентства могут выступать в роли морских администраций. Данная резолюция отмечает, что Администрации несут ответственность за принятие необходимых мер по обеспечению того, какие суда, плавающие под флагами их государств, отвечают положениям таких конвенций, в том числе положениям об освидетельствовании и выдаче свидетельств, а также, что Администрация может поручить проведение проверок и освидетельствований назначенным инспекторам или признанным организациям, и что Администрация должна уведомлять ИМО о предоставляемых обязанностях и условиях полномочий [5].

В соответствии с Конвенцией по охране человеческой жизни на море 1974 г., Конвенцией о грузовой марке 1966 г., Конвенцией по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., Конвенцией по обмеру судов 1969 г. государства флага уполномочивают различные организации действовать от их имени при реализации их функций [2, 6, 7, 8].

Анализ существующей ситуации в России

В законодательстве Российской Федерации термин «морская администрация» пока что не определен. Действующее законодательство в сфере морских перевозок оперирует термином «морская администрация порта».

Согласно Положению о Министерстве транспорта Российской Федерации, утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.07.2004 № 395, Министерство транспорта Российской Федерации при реализации обязательств в установленной сфере деятельности, вытекающих из международных договоров Российской Федерации, осуществляет функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию как компетентный орган в области морского и внутреннего водного транспорта. Буквальное толкование настоящего положения позволяет сделать вывод, что Минтранс России осуществляет отдельные полномочия морской администрации – нормотворчество, а также формирование и реализацию государственной политики водного транспорта [9].

Анализ российского законодательства показывает, что Министерство транспорта выступает в статусе морской администрации при международном сотрудничестве в сфере морских перевозок и обеспечения их безопасности.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 17.12.1993 № 1299 «Об организации управления морскими портами», для осуществления государственных функций по обеспечению безопасности мореплавания, порядка в морском порту, выполнения государственного портового контроля и управления государственным имуществом, не подлежащим приватизации в морских портах, были созданы государственные учреждения – Морские администрации портов [10]. В первоначальной редакции указанного документа на

морские администрации портов были возложены функции по обеспечению безопасности мореплавания и порядка в портах, включая надзор за соблюдением законов, правил и международных договоров Российской Федерации по торговому мореплаванию, осуществлению надзора за технической эксплуатацией закрепленных за ними сооружений и объектов, обеспечению их ремонта, развития и строительства.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 25.09.2002 № 705 «О совершенствовании системы государственного управления морскими портами» морские администрации портов были заменены на администрации морских портов.

Для повышения эффективности государственного управления в морских портах была осуществлена реорганизация их органов управления с образованием хозяйствующего субъекта ФГУП «Росморпорт». В его функции входят развитие инфраструктуры портов, содержание и модернизация технических систем безопасности мореплавания, использование государственного имущества портов и ФГУ «Администрация морских портов». На сегодняшний день в Российской Федерации созданы следующие Администрации морских портов: Западной Арктики, Балтийского моря, Азовского моря, Черного моря, Каспийского моря, Приморского края и Восточной Арктики, Охотского моря и Татарского пролива, Сахалина, Курил и Камчатки.

Функционал администрации морского порта определяется согласно положению об администрации морских портов, утвержденному приказом Минтранса России от 29.01.2014 № 24 «Об утверждении Положения об администрации морских портов».

Анализ российского законодательства показывает, что в России принята распределенная модель морской администрации, где ее функции выполняют различные субъекты публичного управления.

Иной подход наблюдается в зарубежных юрисдикциях (рассматривается ниже).

Иностранные морские администрации Морская администрация Великобритании

Функции морской администрации в Великобритании в соответствии с Merchant Shipping Act 1995³⁸ выполняет агентство Maritime and Coastguard Agency (MCA, русс. – Агентство по морским делам и береговой охраны).

Данный орган – это государственное агентство Великобритании, отвечающее за регулирование морской отрасли, безопасность судоходства, охрану человеческой жизни на море и защиту морской среды. Помимо Merchant Shipping Act 1995, оно действует в соответствии с международными конвенциями (SOLAS, MARPOL, STCW и др.). Основные функции агентства можно сформулировать следующим образом [11]:

Регулирование судоходства и регистрация судов: ведение Судового реестра Великобритании (UK Ship Register)³⁹; контроль за соблюдением стандартов;

Безопасность мореплавания: проведение инспекций судов; контроль за выполнением международных конвенций; расследование морских аварий (в сотрудничестве с Marine Accident Investigation Branch, МАИВ⁴⁰);

Поиск и спасание: координация операций через HM Coastguard⁴¹; организация спасательных операций в территориальных водах Великобритании;

³⁸ Акт парламента Соединённого Королевства, принятый в 1995 г. для консолидации морского законодательства Великобритании. Устанавливает подробные правила безопасности, контроля за загрязнением, условий экипажа и регистрации судов.

³⁹ Часть Агентства морской и береговой охраны Великобритании (MCA), исполнительное агентство Департамента транспорта правительства Великобритании.

⁴⁰ Отдел по расследованию морских происшествий Великобритании, независимая ветвь Департамента транспорта.

⁴¹ Национальная морская служба экстренной помощи Великобритании, входит в MCA.

Экологическая защита: контроль и предотвращение загрязнения с судов; ликвидация разливов нефти и других опасных веществ;

Сертификация моряков: выдача дипломов и подтверждение квалификации моряков (в соответствии с STCW); контроль за обучением в морских учебных заведениях;

Контроль государства порта: проверка иностранных судов в британских портах на соответствие международным нормам;

Борьба с незаконной деятельностью: противодействие пиратству, контрабанде и нелегальной миграции.

МСА подчиняется Министерству транспорта Великобритании (Department for Transport, DfT) и имеет следующую структуру (рис. 1):



Рис. 1. Внутренняя структура МСА [12]

Основные подразделения МСА:

HM Coastguard (Береговая охрана): координирует поисково-спасательные операции; имеет десять спасательных координационных центров по всей Великобритании; работает с добровольными спасательными организациями.

Ship Safety & Standards (Безопасность судов и стандарты):

UK Ship Register – регистрация судов под британским флагом;

Technical Services – инспекции судов, расследования аварий;

Seafarer Safety & Health – сертификация моряков, условия труда.

Maritime Regulatory Compliance (Контроль за соблюдением норм):

Port State Control – проверки иностранных судов;

Counter-Pollution & Response – реагирование на разливы нефти.

International & Legal Services (Международные и правовые вопросы):

Участие в работе ИМО (International Maritime Organization);

Разработка национальных морских законов.

МСА имеет представительства в ключевых портах Великобритании: Саутгемптон (главный офис), Лондон, Ливерпуль, Абердин, Кардиф, Белфаст.

МСА играет ключевую роль в обеспечении безопасности судоходства, экологической защиты и спасания на море в Великобритании. Его структура обеспечивает исполнение как **регуляторных функций**, так и **оперативное управление**. Агентство тесно сотрудничает с международными организациями и обеспечивает соблюдение морского законодательства.

МСА тесно сотрудничает с Регистром Ллойда (Lloyd's Register, LR) и другими классификационными обществами (КО) в вопросах безопасности судоходства, судостроения и инспекций. От лица государства флага, МСА делегирует часть инспекционных функций LR и другим КО (например, DNV, Bureau Veritas). МСА проводит аудиты Lloyd's Register, чтобы убедиться, что LR правильно выполняет делегированные функции. В случае нарушений МСА может отозвать полномочия или ужесточить контроль.

Взаимодействие с другими государствами осуществляется через органы, входящие в МСА, например: Marine Accident Investigation Branch (МАИВ, Отделение расследования морских аварий) (формально не входит в МСА, но тесно сотрудничает с ним); Maritime and Fisheries Agency (MFA, Агентство по морскому праву и рыболовству) – по вопросам регулирования деятельности рыболовного флота; UK Border Force и Royal Navy (Береговая охрана и Военно-морские силы) – в сфере обеспечения безопасности территориального моря, борьбы с пиратством и контрабандой [12].

Трехуровневую британскую систему иллюстрирует рис.2. – государство формирует систему правил; МСА исполняет их напрямую или через LR, а также через другие органы; LR действует как «внешний контролер», но под надзором МСА.

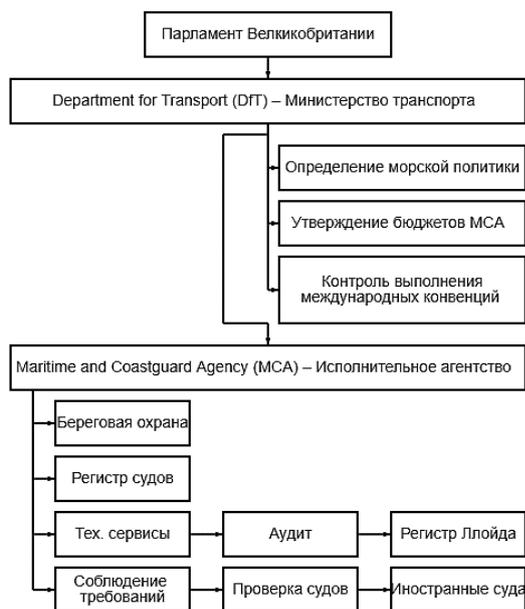


Рис. 2. Иерархическая структура морской администрации в Великобритании [12]

Таким образом, МСА действует как государственный регулятор, но делегирует часть технических проверок Lloyd’s Register и другим классификационным обществам. Это позволяет эффективно контролировать суда без дублирования функций. LR, в свою очередь, работает под надзором МСА, обеспечивая соответствие судов международным стандартам.

Морская администрация Гибралтара

Gibraltar Maritime Administration (GMA) – это государственный орган, отвечающий за регулирование судоходства, регистрацию судов и соблюдение международных морских конвенций в Гибралтаре (заморская территория Великобритании). GMA действует под юрисдикцией Merchant Shipping Act и сотрудничает с UK Maritime and Coastguard Agency (МСА).

Организационную структуру Морской администрации Гибралтара можно представить следующим образом: GMA входит в состав Министерства предпринимательства, развития, технологий и транспорта Гибралтара. Морскую администрацию Гибралтара возглавляет морской администратор, который подчиняется министру, отвечающему за судоходство. GMA действует под эгидой

правительства Гибралтара, осуществляет общий надзор за морской деятельностью и включает в себя такие функции, как [13]:

Регистрация судов: ведение реестра судов под флагом Гибралтара, для обеспечения соблюдения требований к регистрации и контроля за ней в соответствии с законодательством государства флага; регистрация закладных на морское имущество; ведение реестра иностранных морских организаций;

Сюрвей, инспекция и сертификация: проведение инспекций судов под флагом Гибралтара для обеспечения соответствия требованиям применимых конвенций, постановлений и правил в отношении безопасности судов, охраны судов, защиты экипажа и защиты морской среды; ведение полного учета всех проверок и сертификатов; обеспечение эффективного и оперативного проведения проверок и обследований; выдача международных сертификатов; безопасное управление экипажем; международное управление безопасностью; международная охрана судов;

Контроль со стороны государства порта: участие в соглашениях о сотрудничестве, включая меморандумы о взаимопонимании⁴² с другими государствами для реализации политики в отношении досмотра судов, зарегистрированных за рубежом;

Освидетельствование и инспекция (национальная): программы инспекций и сертификации для обеспечения соответствия судов, эксплуатируемых на местном уровне, всем требованиям применимого национального законодательства в отношении безопасности судов и защиты морской среды; ведение полного учета всех проверок; обеспечение эффективного и оперативного проведения обследований для обеспечения безопасной работы локальных операторов;

Расследование инцидентов: расследование морских происшествий и инцидентов с судами под флагом Гибралтара по всему миру и другими судами в территориальных водах Гибралтара с целью определения того, какие действия необходимы для обеспечения защиты жизни и имущества на море;

Нормотворчество: разработка регламентов и стандартов морской отрасли в области безопасности мореплавания и защиты морской среды, в частности, для включения положений международных конвенций и законодательства ЕС в нормативные правовые акты Гибралтара;

Правоохранительная деятельность: обеспечение соблюдения правил и стандартов в области безопасности на море и защиты морской среды с учетом коммерческих последствий; рекомендации министерству предпринимательства, развития, технологий и транспорта о проведении расследований о компетентности, поведении и/или пригодности должностных лиц в случае гибели судна, серьезных повреждений судна, сильного загрязнения окружающей среды и признаков нарушения дисциплины, а также уголовного преступления; оказание содействия генеральному прокурору Гибралтара в привлечении к ответственности правонарушителей;

Сертификация моряков: обеспечение моряков на судах под флагом Гибралтара соответствующими и действительными удостоверениями, соответствие требованиям ПДНВ-78⁴³;

Морская подготовка и стандарты безопасности: содействие осуществлению национальных учебных программ совместно с другими государственными органами; ведение реестра квалификаций всех национальных морских служащих;

Международная деятельность: представление морских интересов Гибралтара в структурах Европейского Союза и международных организациях, а также в иностранных государственных агентствах.

⁴² Гибралтар входит в Парижский меморандум о взаимопонимании. В организацию входят 27 стран-участников. Членство России приостановлено в 2022 г.

⁴³ Международная конвенция о стандартах подготовки и дипломировании моряков и несения вахты.

Морскую администрацию Гибралтара возглавляет морской администратор, который подчиняется министру, отвечающему за судоходство, подробная схема отражена на рис. 3.



Рис. 3. Организационная структура GMA [14]

GMA – компактная, но эффективная администрация, сочетающая функции администрации государства флага и органа портового контроля. Она тесно интегрирована в британскую систему, но сохраняет автономию в вопросах регистрации судов.

Морская администрация США

В США действует Морская администрация Министерства транспорта США. Кроме того, в соответствии с US Code, Title 46 US⁴⁴ [15] функции морской администрации выполняет US Coast Guard (USCG)⁴⁵. Title 46 U.S. Code – основной федеральный закон США, регулирующий морское судоходство, безопасность судов, права моряков и деятельность морских администраций. Он кодифицирует множество исторических актов, включая Merchant Marine Act 1920 (Jones Act)⁴⁶ и Shipping Act 1984⁴⁷. Title 46 U.S. Code – это «конституция» американского морского права, а USCG – его главный исполнитель.

USCG – главный регулятор, выполняющий функции морской администрации США в соответствии с Title 46 [15] и другие специфичные функции:

Регистрация судов (46 U.S.C. Ch. 121) – ведение реестра судов США (U.S. Ship Registry);

Инспекции (46 U.S.C. § 3306) – проверки безопасности (SOLAS, MARPOL);

Расследования аварий (46 U.S.C. § 6301) – по аналогии с MAIB в Великобритании;

⁴⁴ Title 46 of the United States Code (U.S. Code) – раздел федерального законодательства США, посвященный торговому судоходству и морскому праву.

⁴⁵ United States Coast Guard (USCG) – береговая охрана США, один из пяти видов ВС США. В мирное время подчиняется Министерству внутренней безопасности (DHS), во время войны или по указу президента США может переходить в состав ВМС США.

⁴⁶ Merchant Marine Act of 1920, более известный как Jones Act (в честь сенатора Уэсли Джонса), – один из ключевых законов США, регулирующих морскую торговлю, судоходство и судостроение.

⁴⁷ Shipping Act 1984 – федеральный закон США, регулирующий международные морские перевозки и деятельность судоходных компаний. Его главная цель – обеспечить конкуренцию, справедливые тарифы и защитить интересы грузоотправителей.

Государственный портовый контроль (PSC) (46 U.S.C. Ch. 33) – проверки иностранных судов;

Поиск и спасание: координация операций через Rescue Coordination Centers (RCC);

Правоохранительная деятельность: борьба с контрабандой; пресечение браконьерства; патрулирование исключительной экономической зоны;

Экологическая защита: ликвидация разливов нефти (OPA 1990⁴⁸); контроль за балластными водами;

Военные задачи: USCG входит в объединённые командования ВС США (в военное время переходит в подчинение органов управления ВМС США); участвует в операциях НАТО.

USCG – уникальная структура, сочетающая военные, правоохранительные и административные функции. USCG является единственной военизированной морской службой США, выполняющей двойную роль. В мирное время входит в Министерство внутренней безопасности (DHS), а в военное время переходит в подчинение Военно-морских сил. При этом USCG выполняет функции морской администрации⁴⁹

USCG взаимодействует с классификационными обществами, например, USCG делегирует часть инспекций American Bureau of Shipping (ABS, Американское бюро судоходства) и другим КО, в соответствии с 46 U.S.C. § 3315 и 46 C.F.R. Part 8. ABS проверяет суда на соответствие U.S. Code и международным стандартам, но окончательное одобрение дает USCG.

Иерархическую структуру морской администрации в США можно представить следующим образом. Верхний уровень управления – Министерство транспорта США, которое курирует Морскую администрацию США (United States Maritime Administration, MARAD), определяет стратегию развития торгового флота, координирует USCG с помощью Министерства внутренней безопасности (DHS). DHS, в свою очередь, осуществляет непосредственный контроль над US Coast Guard, утверждает бюджет и оперативные приоритеты. От имени US Coast Guard, ABS проводит инспекции судов, выдает сертификаты SOLAS, MARPOL и др. USCG каждые два года проводит аудиты ABS и имеет право отменить сертификацию. USCG также ведет реестр судов под флагом США, проверяет соответствие Jones Act (46 U.S.C. § 55101) [15].

MARAD, как подразделение Министерства транспорта США, отвечает за развитие торгового флота, портовую инфраструктуру и национальную безопасность в морской сфере. В отличие от Береговой охраны США, которая занимается оперативным контролем, MARAD фокусируется на экономических и стратегических аспектах [17].

Основные функции MARAD:

Поддержка торгового флота: управление программой Jones Act (мобилизационный резерв флота для национальных нужд), финансирование судостроения через Title XI Loan Guarantees⁵⁰;

Развитие портов: инвестиции в инфраструктуру (PIDP⁵¹);

Национальная безопасность: контроль за Ready Reserve Force (RRF) – резервными судами на случай кризисов; поддержка Merchant Marine Academy (подготовка морских специалистов);

⁴⁸ Oil Pollution Act of 1990 (OPA 90) – закон о нефтяном загрязнении 1990 года. Причина принятия: крупнейший в истории США разлив нефти с танкера Exxon Valdez (1989 г.), который привёл к экологической катастрофе на Аляске.

⁴⁹ В соответствии с: Title 14 USC (военный статус) [16]; Title 46 USC (гражданские регуляторные функции) [15]; Title 33 CFR (Кодекс федеральных нормативов).

⁵⁰ Title XI Loan Guarantees – программа федеральных гарантий по кредитам в США, предназначенная для поддержки судостроительной отрасли и морского транспорта.

⁵¹ Port Infrastructure Development Program (PIDP) – федеральная грантовая программа США, направленная на модернизацию портов, улучшение логистики и укрепление экономики через инвестиции в критически важную инфраструктуру.

Экология: снижение выбросов судов, развитие альтернативных видов топлива. USCG и MARAD взаимодействуют, но их роли строго разделены (табл. 1, рис. 4):

Таблица 1

Сравнение ролей MARAD и USCG [15, 17, 18]

Аспект	MARAD	USCG
Регулирование судов	Экономическая поддержка флота	Инспекция, безопасность, PSC
Судостроение	Финансирование верфей	Проверка стандартов (SOLAS, MARPOL)
Чрезвычайные ситуации	Мобилизация резервного флота (RRF)	Поиск и спасание, ликвидация разливов
Международное право	Участие в экономических соглашениях	Исполнение конвенций IMO

Так, например, при крушении судна USCG расследует инцидент, а MARAD оценивает ущерб для торгового флота. Для новых судов MARAD выделяет кредиты, а USCG проверяет их соответствие нормам.

MARAD также частично делегирует полномочия американскому классификационному обществу ABS. MARAD, как государственный орган, утверждает ABS для проверки судов под американским флагом. ABS действует как «признанная организация» для USCG и MARAD. Совместно с ABS проводится разработка стандартов для экологичных судов (например, LNG-танкеры), поддержка инноваций (автономные суда, цифровые технологии). Однако, если ABS допустит ошибку в сертификации, USCG или MARAD могут инициировать расследование.

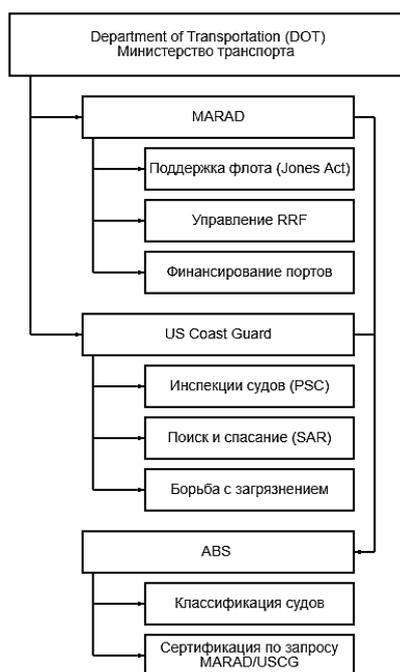


Рис. 4. Иерархическая структура устройства морской администрации в США [17]

Ключевые отличия американской модели от британской заключаются в следующем. В США нет единого аналога британской MCA – функции разделены между MARAD (экономика) и USCG (безопасность). ABS – частная организация, которая, однако, тесно интегрирована в госрегулирование (как LR в Великобритании).

USCG обладает большими силовыми полномочиями, чем HM Coastguard в Великобритании.

MARAD – это «экономический центр» морской политики США, тогда как USCG – ее «силовая» составляющая. ABS выступает техническим партнером обоих ведомств. Такое разделение позволяет эффективно сочетать коммерческие интересы и безопасность (рис. 5).



Рис. 5. Упрощенная схема взаимодействия агентств в США [17]

Модель будущей морской администрации России

Анализ устройства иностранных юрисдикций, а также оценка конвенционных положений, позволяют сделать вывод, что в России морская администрация должна быть единой организацией, способной выступать от своего имени как во внутреннем, так и во внешнем пространстве, объединяя в себе функции, нацеленные на достижение национальных морских интересов России, как с экономической точки зрения, так с точки зрения сохранения национального суверенитета в морской области. Создаваемая морская администрация должна выполнять глобальную функцию, реализовывать политику государства и выполнять регуляторные функции через подчиняющиеся организации, которые в настоящее время уже выполняют свои локальные функции.

Иерархическую модель устройства создаваемой в России Морской администрации можно представить следующим образом. Ее учредителем является Российская Федерация. Функции и полномочия учредителя компании от имени Российской Федерации осуществляет федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий выработку государственной политики и нормативно-правовое регулирование в области транспорта – Минтранс России. Морская администрация, в свою очередь, уполномочена в управлении существующими структурами, например, морскими администрациями портов.

Однако необходимо отметить объективную сложность реализации единой модели наподобие иностранных аналогов, которая заключается в специфике российской конъюнктуры, а именно, в невозможности передачи полномочий в сфере нормотворчества и выработки государственной политики в области водного транспорта никакой другой структуре, кроме Министерства транспорта. Вместе с тем иностранные морские администрации, аналогично российской, также подведомственны национальным министерствам транспорта.

Российские законодатели, инициировавшие создание морской администрации Российской Федерации, находят оптимальной организационно-правовой формой публично-правовую компанию (ППК) [19]. При этом, функции морских администраций в портах должны будут выполнять территориальные (региональные) филиалы ППК.

Понятие публично-правовой компании было введено в законодательство Федеральным законом от 5 мая 2014 г. № 99-ФЗ «О внесении изменений в главу 4 части первой Гражданского кодекса Российской Федерации и о признании утративших силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации». Пунктом 3 статьи 50 Гражданского кодекса Российской Федерации в редакции указанного закона установлено, что одной из форм некоммерческих организаций являются публично-

правовые компании. Статья 65.1 ГК РФ в редакции этого же ФЗ предусматривает, что публично-правовые компании являются унитарными юридическими лицами, то есть их учредители не становятся участниками соответствующего юридического лица и не приобретают в них членство [20].

Особенности организационно-правовой формы публично-правовых компаний определяются Федеральным законом от 3 июля 2016 г. № 236-ФЗ «О публично-правовых компаниях в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [21].

Наделение Морской администрации публичными функциями ненормативного характера (например, функциями по координации государственного портового контроля или учета судовладельцев) с возможностью давать обязательные указания, в целом, отвечает целям, для достижения которых обычно создаются публично-правовые компании.

Авторы законопроекта о создании ППК «Морская администрация» отмечают ряд преимуществ, которые имеет ППК как организационно-правовая форма. Наличие у ППК гражданской правосубъектности позволит свободно вступать в гражданско-правовые отношения для осуществления функций Морской администрации. При этом государство сохраняет за собой возможность контролировать деятельность такой компании. Кроме того, действующее законодательство допускает возможность наделения ППК полномочиями публично-правового характера [19].

Публично-правовая компания способна реализовывать полномочия и функции, свойственные государственным органам. Согласно части 5 статьи 2 Закона № 236-ФЗ, публично-правовая компания может быть создана в целях проведения государственной политики, предоставления государственных услуг, управления государственным имуществом, обеспечения модернизации и инновационного развития экономики, осуществления контрольных, управленческих и иных общественно полезных функций и полномочий в отдельных сферах и отраслях экономики, реализации особо важных проектов и государственных программ, в том числе по социально-экономическому развитию регионов, а также в целях выполнения иных функций и полномочий публично-правового характера [21].

Отметим, что перечень услуг и полномочий, указанный в части 5 статьи 2 Закона № 236-ФЗ, которыми может быть наделена ППК, не является полным. Согласно статье 3 Закона № 236-ФЗ полномочия создаваемой ППК определяются нормативным актом о создании конкретной ППК, а также специальными поручениями Президента Российской Федерации. Поэтому, в зависимости от поставленных государством задач и сферы деятельности компании, такой «гибкий» подход позволяет наделять компанию конкретными необходимыми полномочиями. Некоторые функции ППК «Морской администрации» [19]:

- организация государственного портового контроля, взаимодействие с морскими администрациями иностранных государств; функции и полномочия оператора государственных информационных систем; функции, предусмотренные международными договорами Российской Федерации в части функций морской администрации;
- государственная регистрация судов, прав на них и сделок с ними;
- дипломирование членов экипажей судов;
- научная и образовательная деятельность;
- деятельность в сфере развития информационных технологий, мореплавания, судоходства по внутренним водным путям, информационной безопасности;
- выполнение научно-исследовательских, научно-технических и опытно-конструкторских работ;

- участие в мероприятиях, предусмотренных государственными программами Российской Федерации и иными документами стратегического планирования.

Заключение

Рассмотрев даже часть функций создаваемой Морской администрации Российской Федерации, можно сделать вывод о широте ее деятельности, которая выходит за рамки классических морских администраций, так как в данном случае компания является не просто регулятором, а инструментом в руках Минтранса России, созданным для реализации морской политики государства.

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод, что создание Морской администрации в России является актуальной и насущной темой, так как существующая система управления не отвечает современным требованиям и достаточно инертна, что особенно проявляется на фоне актуальных трудностей отрасли и передовых иностранных примеров. Новая модель системы управления флотом и морской инфраструктурой (а по сути, новая государственная структура), по замыслу, будет являться более гибкой и последовательной с точки зрения реализации вертикали власти, эффективности управления и реализации морской стратегии Российской Федерации.

Список литературы

1. Конвенция ООН по морскому праву [Электронный ресурс]: заключена в г. Монтего-Бей 10.12.1982. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/lawsea.shtml (дата обращения: 10.07.2025).
2. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74) [Электронный ресурс]: принята в г. Лондон 01.11.1974: (в ред. Протокола 1988 г.) // КонсультантПлюс. - URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=INT&n=65877&dst=0&demo=1> (дата обращения: 10.07.2025).
3. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (ПДНВ-78) [Электронный ресурс]: принята в г. Лондоне 07.07.1978: (в ред. 2010 г.) // КонсультантПлюс. - URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=INT&n=15693#5g1CetUykdQBseHE2> (дата обращения: 10.07.2025).
4. Конвенция о труде в морском судоходстве (MLC, 2006) [Электронный ресурс]: принята в г. Женева 23.02.2006: (в ред. 2016 г.) // Официальный сайт МОТ. - URL: <https://www.ilo.org/global/standards/maritime-labour-convention/lang--en/index.htm> (дата обращения: 10.07.2025).
5. Резолюция ИМО А.739(18) «Руководство по предоставлению полномочий организациям, действующим от имени Администрации» [Электронный ресурс]: принята 04.11.1993 // Международная морская организация. - URL: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.739\(18\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.739(18).pdf) (дата обращения: 10.07.2025).
6. Международная конвенция о грузовой марке 1966 года [Электронный ресурс]: принята в г. Лондоне 05.04.1966: (с поправками 1988 г.) // КонсультантПлюс. - URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=INT&n=3752#NFPDetUoJ70ETq651> (дата обращения: 12.07.2025).
7. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года (МАРПОЛ 73/78) [Электронный ресурс]: принята в г. Лондон 02.11.1973: с дополнениями по Протоколу 1978 г. // КонсультантПлюс. - URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=INT&n=15699#emMEetUS22rpEgKF1> (дата обращения: 12.07.2025).
8. Международная конвенция по обмеру судов 1969 года [Электронный ресурс]: принята в г. Лондон 23.06.1969 // Международная морская организация. — URL: <https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-on-tonnage-measurement-of-ships.aspx> (дата обращения: 12.07.2025).

9. Положение о Министерстве транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]: утв. Постановлением Правительства РФ от 30.07.2004 № 395 // КонсультантПлюс. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_48722/ (дата обращения: 12.07.2025).
10. Постановление Правительства РФ от 17.12.1993 № 1299 «Об организации управления морскими портами» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2906/ (дата обращения: 12.07.2025).
11. Maritime and Coastguard Agency (MCA). Responsibilities [Электронный ресурс] // UK Government. — URL: <https://www.gov.uk/government/organisations/maritime-and-coastguard-agency/about> (дата обращения: 15.07.2025).
12. Maritime and Coastguard Agency. Annual Report and Accounts 2023-2024 [Электронный ресурс]. - UK Government, 2024. - URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/678e09d593d4eae3088bd3d9/MCA_annual_report_and_accounts_2023_to_2024.pdf (дата обращения: 15.07.2025).
13. Gibraltar Ship Registry. Services [Электронный ресурс]. - URL: <https://gibraltarship.com/#> (дата обращения: 20.07.2025).
14. Gibraltar Maritime Administration. Annual Report 2009-2010 [Электронный ресурс]. - Gibraltar Ship Registry, 2010. - URL: <https://gibraltarship.com/general-information#0fde0989OMwVmiiL-JfD1PUVsRip6wkoE-collapse> (дата обращения: 20.07.2025).
15. United States. United States Code 2022 Edition. Title 46 - Shipping [Electronic resource] / Office of the Law Revision Counsel. - Washington: U.S. Government Publishing Office, 2023. - URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2022-title46/html/USCODE-2022-title46.htm> (дата обращения: 01.08.2025). - Text: electronic.
16. United States. United States Code. Title 14. Coast Guard [Electronic resource] / Office of the Law Revision Counsel of the U.S. House of Representatives - 2022 Edition. - Washington: U.S. Government Publishing Office, 2023. - URL: <https://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title14&edition=prelim> (дата обращения: 01.08.2025).
17. United States. Department of Transportation. Maritime Administration (MARAD) [Электронный ресурс]: офиц. сайт. — URL: <https://www.maritime.dot.gov> (дата обращения: 01.08.2025).
18. Merchant Marine Act, 1920 [Электронный ресурс]: публичный закон № 66-261: принят Конгрессом США 5 июня 1920 г. // United States Congress. — URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2021-title46/pdf/USCODE-2021-title46-subtitleII.pdf> (дата обращения: 02.08.2025).
19. О внесении изменений в Федеральный закон «О недрах» и отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: проект федерального закона № 157983: размещен на официальном портале проектов нормативных правовых актов 01.01.2023 (ред. от 01.01.2024) // Федеральный портал проектов нормативных правовых актов. — URL: <https://regulation.gov.ru/projects/157983> (дата обращения: 03.08.2025).
20. О внесении изменений в главу 4 части первой Гражданского кодекса Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации: Федеральный закон от 5 мая 2014 г. № 99-ФЗ [Электронный ресурс] // СПС «КонсультантПлюс». - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162608/ (дата обращения: 03.08.2025).
21. Федеральный закон от 03.07.2016 № 236-ФЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200505/ (дата обращения: 04.08.2025).

References

1. United Nations Convention on the Law of the Sea [Electronic resource]: concluded at Montego Bay 10.12.1982. — URL: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf (accessed: 10.07.2025).
2. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS-74) [Electronic resource]: adopted in London on 01.11.1974: (as amended by the 1988 Protocol) // ConsultantPlus. —

- URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=INT&n=65877&dst=0&demo=1> (accessed: 10.07.2025).
3. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978 (STCW-78) [Electronic resource]: adopted in London 07.07.1978: (as amended in 2010) // ConsultantPlus. - URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=INT&n=15693#5g1CetUykdQBseHE2> (accessed: 10.07.2025).
 4. Maritime Labour Convention (MLC, 2006) [Electronic resource] : adopted in Geneva 23.02.2006 : (as amended in 2016) // ILO. - URL: <https://www.ilo.org/global/standards/maritime-labour-convention/lang--en/index.htm> (accessed: 10.07.2025).
 5. IMO Resolution A.739(18) «Guidelines for the Authorization of Organizations Acting on Behalf of the Administration» [Electronic resource] : adopted 04.11.1993 // International Maritime Organization. - URL: [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.739\(18\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.739(18).pdf) (accessed: 10.07.2025).
 6. International Convention on Load Lines, 1966 [Electronic resource]: adopted in London 05.04.1966: (as amended in 1988) // ConsultantPlus. – URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=INT&n=3752#NFPDetUoJ70ETq651> (accessed: 12.07.2025).
 7. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (MARPOL 73/78) [Electronic resource]: adopted in London 02.11.1973: as amended by the 1978 Protocol // ConsultantPlus. - URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=INT&n=15699#emMEetUS22rpEgKF1> (accessed: 12.07.2025).
 8. International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969 [Electronic resource] : adopted in London 23.06.1969 // International Maritime Organization. — URL: <https://www.imo.org/en/about/conventions/pages/international-convention-on-tonnage-measurement-of-ships.aspx> (accessed: 12.07.2025).
 9. Regulation on the Ministry of Transport of the Russian Federation [Electronic resource]. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 395 of July 30, 2004. ConsultantPlus Legal Reference System. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_48722/ (accessed: 12.07.2025).
 10. Decree of the Government of the Russian Federation of December 17, 1993 No. 1299 «On the Organization of Seaport Management» [Electronic resource] // ConsultantPlus Legal Reference System. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2906/ (accessed: 12.07.2025).
 11. Maritime and Coastguard Agency (MCA). Our responsibilities [Electronic resource] // UK Government. – URL: <https://www.gov.uk/government/organisations/maritime-and-coastguard-agency/about> (accessed: 15.07.2025).
 12. Maritime and Coastguard Agency. Annual Report and Accounts 2023-2024 [Electronic resource]. - UK Government, 2024. - URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/678e09d593d4eac3088bd3d9/MCA_annual_report_and_accounts_2023_to_2024.pdf (accessed: 15.07.2025).
 13. Gibraltar Ship Registry. Core Services [Electronic resource]. - URL: <https://gibraltarship.com/#> (accessed: 20.07.2025).
 14. Gibraltar Maritime Administration. Annual Report 2009-2010 [Electronic resource]. - Gibraltar Ship Registry, 2010. - URL: <https://gibraltarship.com/general-information#0fde0989OMwVmiiL-JfD1PUVsRIp6wkoE-collapse> (accessed: 20.07.2025).
 15. United States. United States Code 2022 Edition. Title 46 - Shipping [Electronic resource] / Office of the Law Revision Counsel. - Washington : U.S. Government Publishing Office, 2023. - URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2022-title46/html/USCODE-2022-title46.htm> (accessed: 01.08.2025).
 16. United States. United States Code. Title 14. Coast Guard [Electronic resource] / Office of the Law Revision Counsel of the U.S. House of Representatives. - 2022 Edition. - Washington : U.S. Government Publishing Office, 2023. – URL: <https://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title14&edition=prelim> (accessed: 01.08.2025).

17. United States. Department of Transportation. Maritime Administration (MARAD) [Electronic resource] : official website. – URL: <https://www.maritime.dot.gov> (accessed: 01.08.2025).
18. Merchant Marine Act, 1920 [Electronic resource] : Public Law No. 66-261 : enacted by the U.S. Congress on June 5, 1920 // United States Congress. – URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2021-title46/pdf/USCODE-2021-title46-subtitleII.pdf> (accessed: 02.08.2025).
19. On Amendments to the Federal Law «On Subsoil» and Certain Legislative Acts of the Russian Federation [Electronic resource] : draft federal law No. 157983 : posted on the official portal of draft regulatory legal acts 01.01.2023 (version of 01.01.2024) // Federal portal of draft regulatory legal acts. - URL: <https://regulation.gov.ru/projects/157983> (accessed: 03.08.2025).
20. On Amendments to Chapter 4 of Part One of the Civil Code of the Russian Federation and on Repealing Certain Provisions of Legislative Acts of the Russian Federation : Federal Law No. 99-FZ of May 5, 2014 [Electronic resource] // ConsultantPlus Legal Database. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162608/ (accessed: 03.08.2025).
21. Federal Law No. 236-FZ of July 3, 2016 [Electronic resource] // ConsultantPlus. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200505/ (accessed: 04.08.2025).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Савченков Клим Александрович, студент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, 10-14, , e-mail: feduklim@yandex.ru

Klim A. Savchenkov, student, St. Petersburg state marine technical university, 10-14, Lotsmanskaya st, St. Petersburg, 190121, e-mail: feduklim@yandex.ru

Лобанов Алексей Валериевич к. т. н., начальник отдела обеспечения морской деятельности и эксплуатации морской техники, ПАО «Газпром», 197229, г. Санкт-Петербург, ул. Высотная, 1, e-mail: al.lobanov@adm.gazprom.ru

Alexey V. Lobanov, Ph.D. in Engineering, Head of the Department of Marine Operations and Marine Equipment Operation, PJSC Gazprom administration, 1, Vysotnaya st, St. Petersburg, 197229

Статья поступила в редакцию 14.08.2025; принята к публикации 29.10.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 14.08.2025; published online 20.12.2025.

УДК 629.5.025.8:621.317.39

DOI: 10.37890/jwt.vi85.651

Сравнительный анализ систем контроля уровня топлива, обоснование гибридной микропроцессорной системы для речных судов

К.С. Мочалин

ORCID: 0000-0001-5050-2744

А.А. Приваленко

ORCID: 0000-0002-9128-9932

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

Аннотация. Проведён сравнительный анализ четырёх типов систем контроля уровня топлива (поплавковые, ёмкостные, ультразвуковые, гидростатические) в условиях реальной эксплуатации на речном судне ОТА-900 проекта 758Б в Сибирском регионе. Целью исследования является обоснование перехода от устаревших поплавковых систем к современной гибридной микропроцессорной системе на базе Arduino, сочетающей ёмкостной и гидростатический датчики. В ходе 30-дневного эксперимента с суточным расходом топлива 1200 литров были измерены ключевые метрики точности: среднеквадратичная ошибка (RMSE) и средняя абсолютная ошибка (MAE). Результаты показали, что поплавковые датчики имеют наибольшую погрешность ($RMSE \approx 7.1\%$), в то время как ёмкостные ($RMSE \approx 1.5\%$) и гидростатические ($RMSE \approx 2.0\%$) демонстрируют высокую точность и стабильность. Гибридная система обеспечивает отказоустойчивость, автоматическую кросс-проверку показаний с порогом тревоги 3% и адаптацию к экстремальным условиям, что подтверждается отсутствием ложных срабатываний у данных датчиков в отличие от ультразвуковых и поплавковых. Внедрение предложенной системы повышает точность измерений в 5 раз, обеспечивает непрерывный мониторинг и автоматическую сигнализацию, что критически важно для безопасности судоходства в удалённых регионах.

Ключевые слова: анализ, контроль уровня топлива, гибридная система, судовая автоматика, судовые энергетические установки, главный двигатель, внедрение.

Comparative analysis of fuel level monitoring systems and justification of a hybrid microprocessor-based system for river vessels

Konstantin S. Mochalin

ORCID: 0000-0001-5050-2744

Alexey A. Privalenko

ORCID: 0000-0002-9128-9932

Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

Abstract. A comparative analysis of four types of fuel level monitoring systems (float, capacitive, ultrasonic, hydrostatic) was carried out under real operating conditions on the river vessel OTA-900 (Project 758B) in the Siberian region. The study aims to justify the transition from outdated float systems to a modern hybrid microprocessor system based on Arduino, combining capacitive and hydrostatic sensors. During a 30-day experiment with a daily fuel consumption of 1200 liters, key accuracy metrics were measured: Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE). Results showed that float sensors have the highest error ($RMSE \approx 7.1\%$), while capacitive ($RMSE \approx 1.5\%$) and hydrostatic ($RMSE \approx 2.0\%$) sensors demonstrate high accuracy and stability. The hybrid system provides fault tolerance, automatic cross-verification of readings with a 3% alarm threshold, and adaptation to extreme conditions, as confirmed by the absence of false alarms for these sensors, unlike ultrasonic and

float types. Implementing the proposed system increases measurement accuracy fivefold, enables continuous monitoring, and provides automatic alarms, which is critically important for navigation safety in remote regions.

Keywords: fuel level monitoring, hybrid system, ship automation, main engine.

Введение

Надёжность и безопасность эксплуатации судовой энергетической установки напрямую зависят от оперативного и точного контроля уровня эксплуатационных жидкостей – в первую очередь топлива, а также масла и охлаждающей воды. Недостаточный или неточный контроль может привести к незапланированной остановке двигателей, срыву графика рейсов, а в критических условиях – к аварийным ситуациям, особенно в удалённых или труднодоступных регионах, таких как Сибирь [1, 5, 6].

На сегодняшний день на многих судах, включая объект нашего исследования – теплоход ОТА-900 проекта 758Б, до сих пор применяются устаревшие поплавковые уровнемеры. Несмотря на простоту конструкции и низкую стоимость, они обладают рядом существенных недостатков это низкая точность измерений, механический износ, подверженность влиянию вибрации, бортовой качки, а также нестабильная работа при низких температурах, характерных для северных широт [2, 7].

Современные технологии предлагают альтернативу – микропроцессорные системы контроля, основанные на использовании различных физических принципов измерения: ёмкостного, ультразвукового, гидростатического и других. Эти системы позволяют не только повысить точность и частоту опроса, но и интегрировать данные в единую цифровую платформу управления судном, обеспечивая прогнозирование расхода, автоматическую сигнализацию и диагностику нештатных ситуаций.

Целью настоящего исследования является не просто сравнение существующих технологий, а обоснование перехода к комплексной системе контроля, сочетающей преимущества двух наиболее надёжных и точных методов – ёмкостного и гидростатического измерения. Такой подход позволяет:

- Обеспечить высокую результирующую точность измерений благодаря применению стабильного ёмкостного датчика (погрешность $\pm 2\%$).
- Обеспечить отказоустойчивость – при сбое одного датчика система продолжает работать на втором.
- Реализовать кросс-проверку показаний – автоматическое выявление расхождений и формирование тревожных сигналов.
- Адаптироваться к экстремальным условиям – гидростатический датчик демонстрирует высокую устойчивость к вибрациям, перепадам температур и механическим воздействиям, что критично для эксплуатации в Сибирском регионе.

Таким образом, исследование направлено на практическое решение – разработку и внедрение двойной системы мониторинга уровня топлива, которая станет основой для модернизации судовой автоматики на ОТА-900 и аналогичных судах.

Объект исследования

Для проведения эксперимента и дальнейшего анализа выбрано судно ОТА-900 (проект 758Б) – типичный представитель речного флота, эксплуатируемый в сложных климатических условиях. Основные параметры:

- Общая ёмкость топливных танков: 58 823 литра дизельного топлива.
- Объём расходного танка: 800 литров – ключевой элемент для оперативного контроля текущего расхода.
- Период моделирования и анализа: 30 суток непрерывной эксплуатации.

- Среднесуточный расход топлива: 1200 литров – принят как базовый режим работы энергетической установки.

Выбор именно этого судна обусловлен типичностью его конструкции, а также актуальностью проблемы – необходимостью модернизации систем контроля на фоне устаревшей элементной базы и растущих требований к безопасности и эффективности [8].

Для объективной оценки работы систем контроля уровня топлива на судах были исследованы четыре основных типа датчиков. Каждый из них обладает своими особенностями, которые определяют, насколько хорошо он подходит для эксплуатации в суровых условиях сибирской навигации [9].

1. Поплавковые системы.

Плюсы: благодаря своей простоте, низкой стоимости и легкости понимания принципа работы, эти системы часто используются в старых или бюджетных решениях.

Минусы: Их точность невелика (до 10% погрешности), они зависят от движущихся частей, могут заедать, а также чувствительны к тряске, качке и низким температурам. Это сильно ограничивает их применение в современных автоматизированных системах контроля.

2. Емкостные системы.

Плюсы: обеспечивают высокую точность (погрешность до $\pm 2\%$), не имеют подвижных элементов, хорошо переносят вибрации и механические нагрузки, отличаются долговечностью и стабильностью показаний.

Минусы: требуют точной настройки под конкретный вид топлива и форму топливного бака. Также чувствительны к загрязнению электродов, что может снизить точность при длительной эксплуатации без обслуживания.

3. Ультразвуковые системы.

Плюсы: измеряют уровень топлива бесконтактным способом. Они быстро реагируют на изменения и легко устанавливаются (датчик крепится на крышке бака), что делает их удобными для модернизации существующих емкостей.

Минусы: очень чувствительны к образованию конденсата, пены, а также к колебаниям температуры и влажности. Могут давать ложные показания, что снижает надежность и требует применения дополнительных алгоритмов фильтрации, увеличивая нагрузку на управляющий контроллер.

4. Гидростатические системы.

Плюсы: измеряют уровень топлива, основываясь на давлении столба жидкости. Это физически обоснованный, надежный и стабильный метод. Точность составляет $\pm 2,5\%$, и система устойчива к вибрациям, качке и механическим воздействиям.

Минусы: требуют учета плотности топлива и температурных изменений. Установка датчика в нижней части бака может усложнить монтаж и обслуживание, особенно в ограниченном пространстве судна.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в навигационный период 2024 года на судне проекта 758Б типа «Ога-900», эксплуатируемом в акватории сибирского региона, бассейн рек Обь – условиях, характеризующихся резкими перепадами температур, вибрациями и сложными гидродинамическими нагрузками [1, 2]. В эксперименте участвовали приведённые четыре типа датчиков уровня жидкости. Все сенсоры были интегрированы в единую измерительную систему на базе микропроцессорной платформы Arduino (Uno / Mega 2560), обеспечивающей сбор, предварительную обработку и передачу данных [10, 11].

Выбор контроллера Arduino Mega 2560 был обоснован требованиями к функционалу, надёжности и интеграции системы в бортовую сеть судна. В отличие от Nano, Mega предоставляет: 4 аппаратных UART-интерфейса (в том числе Serial1), что позволило реализовать устойчивый интерфейс RS-485 для передачи данных на центральный пост без привлечения программной эмуляции последовательного порта; увеличенный объём флеш-памяти и ОЗУ, необходимый для локальной фильтрации, буферизации логов и реализации алгоритма коррекции/диагностики; большее число свободных цифровых и аналоговых линий для дальнейшего расширения системы (резервные датчики, реле, интерфейсы диагностики); а также удобство разводки и монтажа на штатных монтажных панелях прототипа. По совокупности этих факторов использование Mega оказалось оправданным с точки зрения надёжности и практической готовности к промышленной эксплуатации.

Система имеет модульную архитектуру и состоит из трёх ключевых компонентов:

1. Датчики уровня топлива, масла и воды.
2. Микроконтроллер для обработки сигналов и их фильтрации.
3. Интерфейсы связи (RS-485, HC-05/HC-12) для передачи данных на центральный пост.

Методика включала 30-дневный цикл непрерывных измерений в условиях реальной эксплуатации. Суточный расход топлива составлял в среднем 1200 литров в сутки — величина, принятая на основе анализа типичных эксплуатационных режимов главного двигателя и записей в судовых журналах для данного проекта судов в условиях транзитного рейса, общий объём топливных запасов – 58 823 литра, а объём расходного танка – 800 литров, что требовало частых перекачек и создавало дополнительные помехи для измерений. Для каждого типа датчика были учтены характерные источники погрешностей:

- поплавковая – квантование на 5% шкалы, шум $\pm 10\%$;
- ёмкостная – шум $\pm 2\%$;
- ультразвуковая – шум $\pm 3\%$ + случайные выбросы;
- гидростатическая – шум $\pm 2,5\%$ + температурный дрейф 1% за месяц.

Эксперимент проводился в Сибирском регионе, на участке реки Обь ниже слияния Оби и Иртыша, в этот период (вторая половина навигации — конец августа – сентябрь) метеосостояние в данном районе характеризуется относительно стабильной температурой окружающей среды и отсутствием резких перепадов, что подтверждается по данным Гидрометцентра и открытых метеонаблюдений по Нижнеобскому бассейну.

Среднесуточная температура воздуха в этот период составляла $+7 \div +10$ °С, с колебаниями не более ± 2 °С. Температура в машинном отделении, где размещены топливные танки и датчики, поддерживалась естественным тепловым балансом в пределах $+10 \pm 1,5$ °С. Это обеспечило практически неизменные температурные условия хранения и измерения топлива.

Известно, что изменение плотности дизельного топлива при нагреве на 1 °С составляет примерно $0,0007$ г/см³ ($\approx 0,08\%$). При фиксированном диапазоне изменения температуры топлива $\pm 0,3$ °С фактическое изменение плотности составило менее 0,03 %, что значительно ниже погрешности используемых датчиков ($\pm 2\%$).

Вывод: температурный режим в ходе эксперимента оставался стабильным и не оказывал заметного влияния на плотность топлива, поэтому температурная зависимость плотности не учитывалась как фактор, влияющий на точность измерений.

В ходе исследования были построены графики динамики изменения уровня топлива, представленный на рисунке 1 и рассчитаны ключевые метрики точности измерений – среднеквадратичная ошибка (RMSE) и средняя абсолютная ошибка (MAE). Полученные результаты демонстрируют существенные различия в точности между типами датчиков (см. Таблицу 1). Поплавковые датчики показали наибольшую погрешность – RMSE составил около 8–10%. Ультразвуковые датчики

продemonстрировали лучшую, но нестабильную точность (RMSE около 3–4%), что связано с влиянием выбросов в измерениях. Наиболее точными оказались гидростатический (RMSE ≈ 2,5%) и ёмкостной (RMSE ≈ 2%) методы, что делает их предпочтительными для задач, требующих высокой достоверности данных.

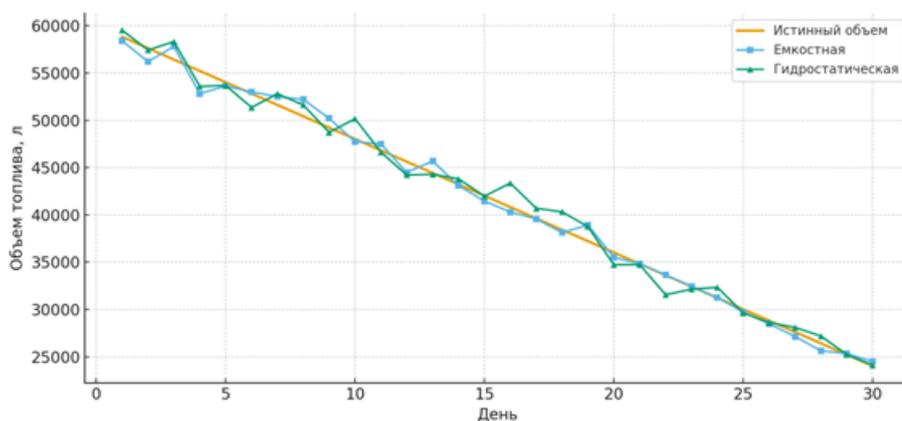


Рис. 1. Сравнения выбранных систем контроля

Таблица 1

Сравнительные метрики точности датчиков уровня топлива

Тип системы датчиков	RMSE, л	MAE, л	RMSE, %	MAE, %
Поплавковая	4170	3410	7.1	5.8
Ёмкостная	890	650	1.5	1.1
Ультразвуковая	1060	820	1.8	1.4
Гидростатическая	1170	910	2.0	1.6

В рамках системы мониторинга был реализован механизм тревожной сигнализации, срабатывающий при расхождении показаний датчиков более чем на 3% от общей ёмкости резервуара. Анализ логов тревог выявил несколько инцидентов, связанных преимущественно с ультразвуковыми и поплавковыми датчиками – именно эти типы сенсоров чаще всего демонстрировали несоответствия, превышающие установленный порог. Напротив, ёмкостный и гидростатический датчики в течение всего периода наблюдения работали стабильно, не вызывая ни одного срабатывания системы оповещения. Это дополнительно подтверждает их высокую надёжность и согласованность измерений (см. Таблицу 2), что делает их наиболее предпочтительными для применения в системах, критичных к точности и отказоустойчивости.

Таблица 2

Сравнительные метрики точности и частота срабатывания тревог по типам датчиков

День	Истинное значение, л	Емкостный датчик, л	Гидростатический датчик, л	Отклонение по емкостному датчику, %	Отклонения по гидростатическому датчику, %	Выявление срабатывания
1	58823.5	58397.9	59531.1	-0.724	1.203	Нет
2	57623.5	56205.7	57429.0	-2.41	-0.331	Нет
3	56423.5	57807.3	58319.6	2.352	3.223	Да
4	55223.5	52824.6	53591.4	-4.078	-2.775	Да
5	54023.5	53623.6	53687.5	-0.68	-0.571	Нет
6	52823.5	52997.2	51362.0	0.295	-2.485	Нет
7	51623.5	52511.3	52798.9	1.509	1.998	Нет
8	50423.5	52200.1	51619.7	3.02	2.034	Да
9	49223.5	50201.4	48722.9	1.662	-0.851	Нет
10	48023.5	47743.5	50169.5	-0.476	3.648	Да
11	46823.5	47505.4	46635.8	1.159	-0.319	Нет
12	45623.5	44472.4	44212.7	-1.957	-2.398	Нет
13	44423.5	45694.0	44293.8	2.16	-0.22	Нет
14	43223.5	43088.3	43808.1	-0.23	0.994	Нет
15	42023.5	41457.3	41979.0	-0.963	-0.076	Нет
16	40823.5	40301.8	43358.8	-0.887	4.31	Да
17	39623.5	39574.9	40694.2	-0.083	1.82	Нет
18	38423.5	38121.7	40321.6	-0.513	3.227	Да
19	37223.5	38928.3	38752.3	2.898	2.599	Нет
20	36023.5	35506.1	34731.4	-0.88	-2.197	Нет
21	34823.5	34846.2	34732.6	0.039	-0.155	Нет
22	33623.5	33642.4	31556.9	0.032	-3.513	Да
23	32423.5	32441.9	32141.6	0.031	-0.479	Нет
24	31223.5	31258.1	32348.5	0.059	1.912	Нет
25	30023.5	29734.4	29633.9	-0.491	-0.662	Нет
26	28823.5	28487.2	28609.3	-0.572	-0.364	Нет
27	27623.5	27147.2	28098.4	-0.81	0.807	Нет
28	26423.5	25637.1	27194.5	-1.337	1.311	Нет
29	25223.5	25332.6	25240.2	0.185	0.028	Нет
30	24023.5	24496.5	24108.6	0.804	0.145	Нет

На основе проведенного анализа и полученных данных был определен выбор оптимальной конфигурация – гибридная система, объединяющая емкостной и гидростатический датчики. Такое решение сочетает в себе высокую точность, надежность и стабильность работы в реальных условиях эксплуатации. Результат сравнения представлен в табличном варианте (см. Таблицу 3) и виде диаграммы на рис. 2.

Таблица 3

Результата сравнения

Параметр	Поплавковая система	Микропроцессорная система	Преимущество
Точность измерения	±10%	±2%	Выше в 5 раз
Дискретность контроля	Визуально (1–2 раза/сутки)	Непрерывно (каждые 15 мин)	Оперативность
Устойчивость к климату	Низкая при вибрации и морозе	Работа при -15°C, фильтрация шумов	Надежность
Оповещение	Отсутствует	Автоматическая сигнализация	Безопасность

Модернизированная система контроля на базе микропроцессоров показала существенное превосходство над традиционной поплавковой. Повышение точности, автоматизация сбора данных, устойчивость к климатическим условиям и наличие оповещения обеспечивают надежную эксплуатацию главного двигателя судна в условиях Сибири. Для оценки относительной значимости ключевых свойств новой гибридной микропроцессорной системы — точности, оперативности, надёжности и безопасности — применялся экспертно-аналитический метод нормализованной многокритериальной оценки. Количественная оценка преимуществ предложенной гибридной системы, представленная на рисунке 3 диаграмма на рисунке, построена на основе нормированных экспертно-экспериментальных данных, отражающих относительную значимость параметров при оценке эффективности гибридной системы контроля уровня топлива.

Согласно результатам, точность (30%) является её ключевым преимуществом, тогда как оперативность и надёжность вносят равнозначный вклад (по 25%), а безопасность составляет 20%. Таким образом, система в первую очередь ориентирована на обеспечение высокой точности и стабильности измерений.

Исходные данные для построения диаграммы получены из следующих источников:

1 Для объективной оценки результатов 30-дневного эксперимента использовались следующие метрики (Таблицы 1 и 2): точность прогноза, измеряемая как среднеквадратическая ошибка (RMSE) и средняя абсолютная ошибка (MAE), а также надёжность, оцениваемая по частоте ложных срабатываний.

2. Эксплуатационные наблюдения — для оценки стабильности функционирования, времени реакции системы и наличия ложных тревог.

3. Экспертная оценка трёх специалистов по судовой автоматике — для параметров, не имеющих прямого численного выражения (оперативность, удобство интеграции, надёжность при сбоях).

Каждое свойство оценивалось по шкале от 0 до 10 баллов, после чего значения были нормированы по формуле:

$$W_i = \frac{P_i}{\sum_{j=1}^n P_j} \times 100\% \quad (1)$$

где W_i — удельный вес критерия в суммарной оценке, P_i — средняя балльная оценка по критерию, $n = 4$ — количество критериев.

Таблица 4

Результата нормирования

Критерий	Средняя оценка (0–10)	Удельный вес, %
Точность	9	30 %
Оперативность	7,5	25 %
Надёжность	7,5	25 %
Безопасность	6	20 %

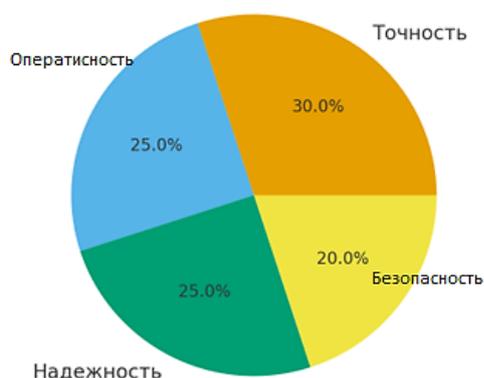


Рис. 2. Диаграмма распределения преимуществ новой системы

Схема сборки и подключение отображена на рисунке 3. На схеме показано подключение двух аналоговых датчиков к Arduino Mega: ёмкостного датчика уровня (подключён к аналоговому входу A0) и гидростатического датчика давления MPX5010DP (подключён к A1). Оба датчика питаются от шины +5V и GND микроконтроллера, что обеспечивает совместимость по напряжению и упрощает монтаж. Для передачи данных на удалённый терминал или ПЛК используется интерфейс RS-485, реализованный через аппаратный UART Serial1 (пины 18 – TX, 19 – RX), что позволяет организовать надёжную связь на большие расстояния в промышленных условиях.

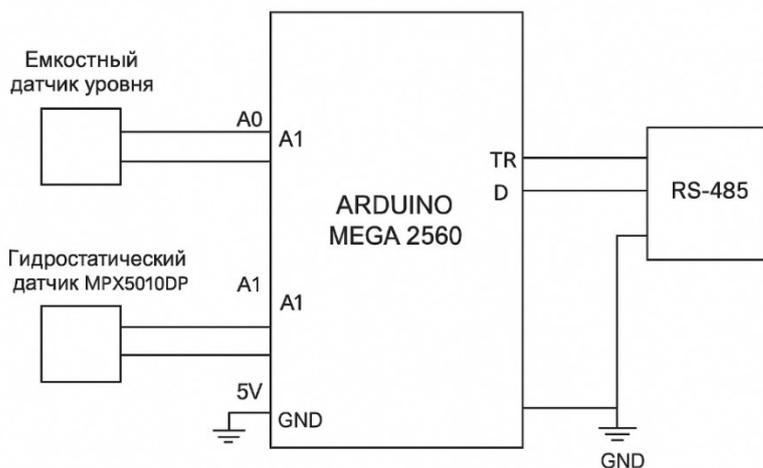


Рис. 3. Принципиальная схема сборки датчиков к Arduino Mega

В программной части реализована цифровая фильтрация методом экспоненциального скользящего среднего (коэффициент $\alpha = 0.2$), что сглаживает шумы и повышает стабильность показаний. Каждый замер происходит раз в минуту (delay (60000)), после чего значения пересчитываются в литры (умножением на 0.1 – коэффициент калибровки). Встроена система контроля достоверности: если расхождение между показаниями датчиков превышает 3% от максимального значения (58823 – условный максимум АЦП), система выводит предупреждение «Тревога: расхождение датчиков >3%». Это позволяет оперативно выявлять неисправности или аномалии в работе одного из датчиков.

Вывод

Проведённый сравнительный анализ показал, что применение гибридной системы мониторинга уровня топлива на основе ёмкостного и гидростатического датчиков, интегрированных через микроконтроллер Arduino Mega, обеспечивает повышение точности, отказоустойчивости и надёжности работы в условиях эксплуатации речных судов Сибири [3, 4]. Внедрение принципиальной схемы подключения позволяет реализовать простую и доступную конструкцию, которая может быть адаптирована под различные типы судов. Использование RS-485 интерфейса обеспечивает промышленную помехоустойчивую передачу данных, а встроенные алгоритмы цифровой фильтрации минимизируют влияние шумов и внешних факторов. В итоге, предложенное решение создаёт основу для модернизации судовой автоматики и способствует повышению безопасности и эффективности эксплуатации энергетических установок.

Список литературы

1. ГОСТ 33468-2015. Методы калибровки судовых танков. – Введ. 2016–07–01. – М. : Стандартиформ, 2015. – 36 с. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143001?ysclid=mfwc2dylet839128804> (дата обращения 20.08.2025) - Текст : электронный
2. РМГ 112-2010. Резервуары (танки) речных и морских наливных судов. Методика измерений объемов и вместимостей : утв. Приказом Ростехрегулирования от 29.09.2010 № 289-ст. – Введ. 2011–07–01. – М. : Стандартиформ, 2011. – 25 с. . - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096267?ysclid=mfwcciwzu1939329835> (дата обращения 30.08.2025) - Текст : электронный
3. Яблуновский, И. А. Техническое обеспечение измерения и контроля уровня топлива в судовых танках / И. А. Яблуновский, В. А. Перминов // Судостроение. – 2020. – № 4. – С. 45–49.
4. Куколева, А. А. Электропневматическая система замера уровня топлива в топливных танках с датчиком гидростатического давления / А. А. Куколева // Судостроение. – 2021. – № 3. – С. 38–41.
5. Белоусов, Е. В. Топливные системы современных судовых дизелей : учебное пособие для вузов / Е. В. Белоусов. – Москва : Моркнига, 2020. – 256 с. – ISBN 978-5-903885-XX-X. – Текст : электронный. – URL: <https://www.litres.ru/...> (дата обращения: 17.07.2025).
6. Овсянников, М. К. Судовые дизельные установки : справочник / М. К. Овсянников, В. А. Петухов. – Санкт-Петербург: Судостроение, 2019. – 320 с. – ISBN 978-5-903885-YY-Y. – Текст : электронный. – URL: <https://www.morkniga.ru/...> (дата обращения: 17.05.2024).
7. Попов, М. Л. Современные бесконтактные методы измерения уровня жидкостей / М. Л. Попов. – М.: Энергоатомиздат, 2018. – 210 с.
8. Правила технической эксплуатации судов внутреннего плавания : утв. приказом Минтранса России от 26.12.2022 № 485 : зарег. в Минюсте России 17.02.2023 № 72560 // Российская газета. – 2023. – 3 марта (№ 47). – С. 12–45.
9. Губанова, А. А. Датчики контроля и измерения уровня жидкости : методические указания / А. А. Губанова, В. В. Золотарев, С. А. Котковец. – Ростов-на-Дону, 2019. – 64 с.
10. Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления технологическими процессами : учебное пособие / А. В. Иванов [и др.] ; под ред. А. В. Иванова. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 256 с. – ISBN 978-5-8114-XXX-X.
11. Справочник по микропроцессорным устройствам: схемы, проектирование, программирование / А. В. Иванов [и др.] ; под ред. В. С. Петрова. – Москва : Техносфера, 2022. – 480 с. – ISBN 978-5-94836-XXX-X.

References

1. GOST 33468-2015. Methods for calibration of ship tanks. – Effective 2016–07–01. – Moscow: Standartinform, 2015. – 36 p. – URL:

- <https://docs.cntd.ru/document/1200143001?ysclid=mfwc2dylet839128804> (accessed: 20.08.2025). – Text: electronic.
2. RMG 112-2010. River and sea liquid cargo vessels' tanks. Measurement methodology for volumes and capacities: approved by Order of Rostekhregulirovanie No. 289-st dated 29.09.2010. – Effective 2011–07–01. – Moscow: Standartinform, 2011. – 25 p. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096267?ysclid=mfwcciwzu1939329835> (accessed: 30.08.2025). – Text: electronic.
 3. Yablunovskiy, I. A. Technical support for fuel level measurement and monitoring in ship tanks / I. A. Yablunovskiy, V. A. Perminov // Shipbuilding. – 2020. – No. 4. – P. 45–49.
 4. Kukoleva, A. A. Pneumatic-electric fuel level measurement system in fuel tanks using hydrostatic pressure sensors / A. A. Kukoleva // Shipbuilding. – 2021. – No. 3. – P. 38–41.
 5. Belousov, E. V. Fuel systems of modern marine diesel engines: textbook for universities / E. V. Belousov. – Moscow: Morkniga, 2020. – 256 p. – ISBN 978-5-903885-XX-X. – Text: electronic. – URL: <https://www.litres.ru/> ... (accessed: 17.07.2025).
 6. Ovsyannikov, M. K. Marine diesel installations: handbook / M. K. Ovsyannikov, V. A. Petukhov. – Saint Petersburg: Sudostroenie, 2019. – 320 p. – ISBN 978-5-903885-YY-Y. – Text: electronic. – URL: <https://www.morkniga.ru/> ... (accessed: 17.05.2024).
 7. Popov, M. L. Modern non-contact methods for liquid level measurement / M. L. Popov. – Moscow: Energoatomizdat, 2018. – 210 p. –
 8. Rules for technical operation of inland navigation vessels: approved by Order of the Russian Ministry of Transport No. 485 dated 26.12.2022; registered by the Russian Ministry of Justice on 17.02.2023, No. 72560 // Rossiyskaya Gazeta. – 2023. – March 3 (No. 47). – P. 12–45.
 9. Gubanova, A. A. Sensors for liquid level monitoring and measurement: methodological guidelines / A. A. Gubanova, V. V. Zolotarev, S. A. Kotkovets. – Rostov-on-Don, 2019. – 64 p.
 10. Microcontrollers and microprocessors in technological process control systems: textbook / A. V. Ivanov [et al.]; ed. by A. V. Ivanov. – Saint Petersburg: Lan', 2021. – 256 p. – ISBN 978-5-8114-XXX-X.
 11. Handbook of microprocessor devices: circuits, design, programming / A. V. Ivanov [et al.]; ed. by V. S. Petrov. – Moscow: Tekhnosfera, 2022. – 480 p. – ISBN 978-5-94836-XXX-X.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Мочалин Константин Сергеевич – проректор по учебной работе, директор института «Морская академия», Сибирский государственный университетского водного транспорта, ФГБОУ ВО СГУВТ 630099, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: mochalin@nsawt.ru

Konstantin S. Mochalin, Vice-Rector for Academic Affairs, Director of the Marine Academy Institute, Siberian State University of Water Transport, SSGUWT 630099, Novosibirsk region, Novosibirsk, Shchetinkina Street, 33.

Приваленко Алексей Александрович – доцент кафедры Судовождения, Сибирский государственный университетского водного транспорта, ФГБОУ ВО СГУВТ 630099, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, e-mail: a.a.privalenko@nsawt.ru

Alexey A. Privalenko, Associate Professor at the Department of Ship Handling, Siberian State University of Water Transport, SSGUWT 630099, Novosibirsk region, Novosibirsk, Shchetinkina Street, 33.

Статья поступила в редакцию 24.09.2025; принята к публикации 23.10.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 24.09.2025; published online 20.12.2025.

УДК 627.15:556.5:532.52
DOI: 10.37890/jwt.vi85.657

Исследование влияния сбросного режима Нижегородского гидроузла на гидрологические условия в его нижнем бьефе

О.Д. Шишкина¹

ORCID: 0000-0002-7953-3605

Д.В. Доброхотова¹

ORCID: 0000-0001-5546-1670

И.А. Капустин^{1,2}

ORCID: 0000-0001-6845-3119

А.А. Мольков^{1,2}

ORCID: 0000-0002-8550-2418

¹*Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук, г. Нижний Новгород, Россия*

²*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. В работе проведен анализ влияния режимов сбросного расхода Нижегородского гидроузла на уровень воды в р. Волга по данным гидропоста у г. Городец. Получены зависимости уровня воды как от стационарных $H(Q_{\text{стац}})$, так и от средних значений суточного расхода $H(Q_{\text{ср}})$. Результаты исследования показали, что суточные изменения уровня воды за период с 18 по 25 мая 2022 года соответствуют изменениям стационарного сбросного расхода гидроузла $Q_{\text{стац}}$. А динамика повышенного дневного сброса $Q_{\text{дин}}$ на показатели уровня воды в исследуемом диапазоне расходов не влияет. При этом учет дневного динамического расхода $Q_{\text{дин}}$ в среднесуточном объеме $Q_{\text{ср}}$ приводит к завышению его расчетных значений. По данным проведенного ранее исследования причиной такого расхождения является влияние гидродинамики сбросного потока, которая определяется морфологией дна в энергетической части нижнего бьефа Нижегородского гидроузла [1]. Натурные измерения пространственных параметров волнового поля выявили наличие в исследуемой акватории двух ортогонально ориентированных потоков [2]. Каждый из которых является генератором волновой системы, состоящей из нескольких гармоник. При их пространственном наложении в дневное время формируется профиль волновой поверхности с выраженным понижением уровня к подводному каналу шлюзов под воздействием сбросного потока с повышенным динамическим расходом $Q_{\text{дин}}$.

Ключевые слова: Нижегородский гидроузел, нижний бьеф, сбросной расход, среднесуточный расход воды, динамика расхода воды, уровень воды, морфология дна, волновые гармоники.

A study of impact of discharge regime of Nizhny Novgorod hydroelectric complex on hydrological conditions of its lower reaches

Olga D. Shishkina¹

ORCID: 0000-0002-7953-3605

Darya V. Dobrokhotova¹

ORCID: 0000-0001-5546-1670

Ivan A. Kapustin^{1,2}

ORCID: 0000-0001-6845-3119

Alexander A. Molkov^{1,2}

ORCID: 0000-0002-8550-2418

¹*FRC Institute of Applied Physics of Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

Abstract. An effect of modes of flow discharge of the Nizhny Novgorod hydroelectric complex on the water level in the Volga River according to the data of the Gorodets hydraulic station is analyzed in the paper. The dependences of the water level on both the stationary $H(Q_{stac})$ and the average $H(Q_{sr})$ values of the daily flow rate are obtained. The results of the study showed that daily variations of the water level in the vicinity of the hydroelectric complex for the period from May 18 to May 25, 2022 correspond to changes in the stationary discharge flow Q_{stac} . And the dynamics of the daily discharge of Q_{din} does not affect the water level in the flow range studied. At the same time, taking into account the daily dynamic consumption of Q_{din} within the average daily volume of Q_{sr} leads to an overestimation of its calculated values. The previous study [1] showed that the source of this deviation is an effect of the hydrodynamics of the discharge stream being determined by the morphology of the bottom in the energy section of the lower reaches of the Nizhny Novgorod hydroelectric complex. Field measurements of the spatial parameters of the wave field revealed the presence of two orthogonally oriented streams in the water area [2]. Each of them serves as a generator of a wave system consisting of several harmonics. And their spatial superposition in the daytime forms a wavy surface profile with a pronounced decrease of the water level towards the locks gateway under an action of the discharge stream with the increased dynamic volume of Q_{din} .

Keywords: Nizhny Novgorod hydroelectric power plant, lower reach, flow discharge, average daily water flow, dynamics of water flow, water level, bottom morphology, wave harmonics.

Введение

Участок р. Волга от Нижегородского гидроузла до г. Нижний Новгород в течение нескольких десятилетий является лимитирующим для безопасного прохода судов с большой осадкой. Ограничение судоходства возникает на данном участке в связи с неустойчивостью морфологии дна по фарватеру при подходе к гидроузлу со стороны г. Нижнего Новгорода.

Поиски решения этой проблемы были основаны на построении зависимости уровня воды на стационарных гидропостах на участке р. Волга от г. Городец до г. Нижний Новгород от среднесуточного сбросного расхода гидроузла [3, 4]. По результатам проведенных исследований был сделан вывод о существенном понижении уровня воды на данном участке судового хода.

Принятая в настоящее время методика получения такой зависимости основана на осредненных за сутки значениях сбросного расхода гидротехнического объекта⁵² без учета его суточной динамики. Однако в ряде гидрологических исследований внимание обращалось на недостаточность учета объемов среднесуточного расхода в решении практических задач регулирования речного стока.

В [5, 6] указывалось на наличие выраженной вариативности режима сброса воды через Нижегородский гидроузел в течение суток. Для оценки количественных изменений на суточном графике расхода выделялись несколько периодов времени с характерными режимами сброса, соответствующими различным периодам работы гидроэлектростанции.

В работах [7, 8] отмечается необходимость учета динамики речного стока в течение суток для достоверности оценки пространственного распределения различных гидрологических параметров.

⁵² Правила учета стока воды на гидроэлектрических станциях. РД 153-34.2-21.563-00. РАО Энергетики и электрификации ЕЭС России. 2001

На важность динамических показателей при регулировании работы Волжско-Камского каскада водохранилищ указывается в [9].

В [10] анализируется эффективность влияния суточного и недельного регулирования стока на уровень воды как на приплотинном участке, так и на расстоянии порядка 30 км от Нижнекамской ГЭС. По результатам исследования был сделан вывод о наличии существенной динамики уровней в районе ближайшего к плотине гидропоста при недельном регулировании стока.

Проведенные ранее исследования [11] показали, что осредненные за сутки данные сбросного расхода без учета его суточной динамики не дают полной и однозначной информации о реальных гидрологических процессах, влияющих на уровень воды на приплотинном участке Нижегородского гидроузла.

Выполненный в работе анализ гидрологических данных направлен на выявление причинно-следственных связей изменения уровня воды на подходе к системе Городецких шлюзов под воздействием различных режимов сброса воды через Нижегородский гидроузел.

Представленная статья состоит из двух основных разделов, первый посвящен анализу имеющихся гидрологических данных, второй представляет результаты собственных натурных измерений и их анализ.

Исследование гидрологических данных

Для корректного разрешения описанной выше проблемы актуальным является решение задачи по достоверному определению уровня воды на данном участке судового хода. С этой целью был проведен сравнительный анализ режимов изменения расхода воды Нижегородского гидроузла за период с 18 по 25 мая 2022 года и соответствующих данных уровня воды над нулевой отметкой гидропоста службы Росгидромета в г. Городец (рис. 1).

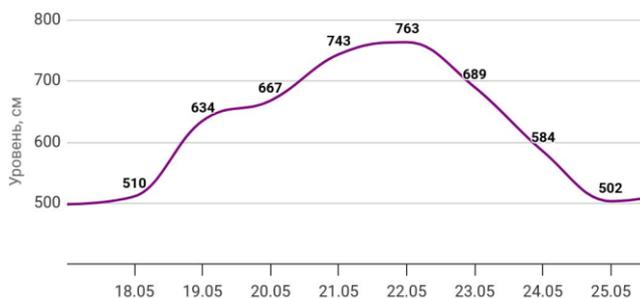


Рис. 1. График уровня воды по данным гидропоста г. Городец за период с 18 по 25 мая 2022 года (данные ИАЦ Регистра и Кадастра)

Для исследования факторов, влияющих на значения уровня воды H , были построены графики его изменения от стационарных $Q_{\text{стац}}$ и среднесуточных $Q_{\text{ср}}$ значений сбросного расхода гидроузла в период наблюдений.

Расчетные точки и графики аппроксимации полученных данных представлены на рис. 2. Точками отражены объемы стационарного $Q_{\text{стац}}$ и среднесуточного $Q_{\text{ср}}$ расходов для соответствующих суточных значений уровня воды H .

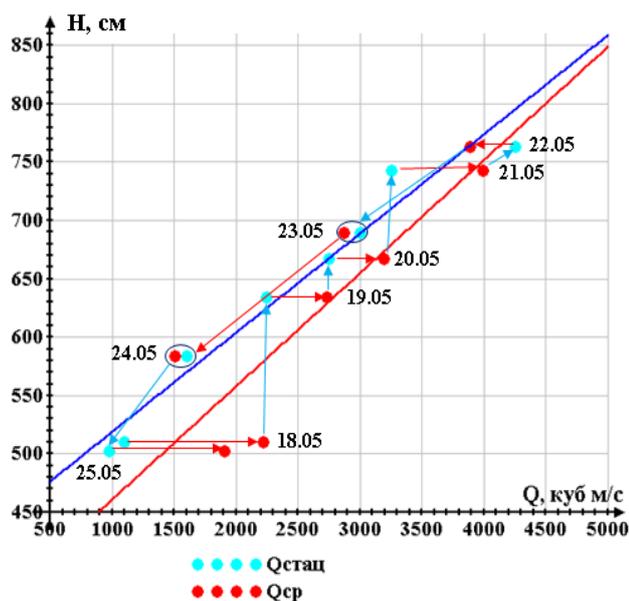


Рис. 2. Графики зависимости уровня воды от стационарных $Q_{\text{стац}}$ (синие точки и линии) и среднесуточных $Q_{\text{ср}}$ (красные точки и линии) значений сбросного расхода Нижегородского гидроузла по данным гидропоста г. Городец с 18 по 25 мая 2022 года (динамика расхода в период наблюдения показана стрелками)

Повышение расхода в течение каждых суток с 18 до 22 мая 2022 г. происходило таким образом, что его стационарное значение было равно среднесуточному расходу за предыдущие сутки $Q_{\text{стац}}^i = Q_{\text{ср}}^{i-1}$. При понижении расхода с 22 до 25 мая 2022 г. его среднесуточное значение было равно стационарному расходу за предыдущие сутки $Q_{\text{ср}}^i = Q_{\text{стац}}^{i-1}$.

Такая методика изменения сбросного расхода позволяла напрямую оценить влияние на уровень воды его динамической составляющей $Q_{\text{дин}}^i = Q_{\text{ср}}^i - Q_{\text{стац}}^i$ по сравнению со стационарной компонентой $Q_{\text{стац}}^i$.

Сравнение двух графиков $H(Q_{\text{стац}})$ и $H(Q_{\text{ср}})$ на рис. 2 указывает на то, что включение объема дневного динамического расхода в общий объем сброса приводит к завышению его расчетных среднесуточных значений $Q_{\text{ср}}$.

Проведем количественную оценку расхождения расчетных значений уровня воды $H(Q)$ у г. Городец по данным для стационарных $Q_{\text{стац}}$ и среднесуточных $Q_{\text{ср}}$ значений сбросного расхода Нижегородского гидроузла.

На рис. 3 приведен конкретный пример такого расхождения для фиксированного расхода $Q = 1100 \text{ м}^3/\text{с}$, установленного в качестве навигационного объема сброса воды из Горьковского водохранилища⁵³. Стрелки на рисунке указывают на «методическое» расхождение при определении уровней воды по графикам для среднесуточного $Q_{\text{ср}}$ и стационарного $Q_{\text{стац}}$ расходам гидроузла.

⁵³ Основные правила использования водных ресурсов Рыбинского и Горьковского водохранилища на р. Волге. – М.: Министерство мелиорации и водного хозяйства РСФСР, 1983. – 16 с. + прил.

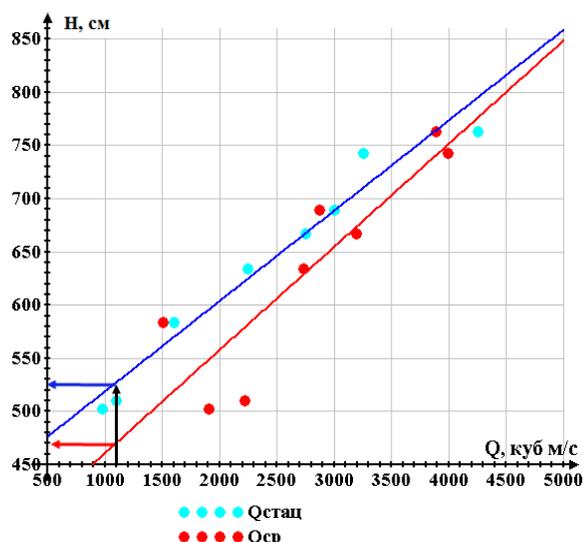


Рис. 3. Определение уровня воды в р. Волга на гидропосту г. Городец при $Q = 1100 \text{ м}^3/\text{с}$ (черная стрелка) для стационарного $Q_{\text{стационар}}$ (синяя стрелка) и среднесуточного $Q_{\text{среднесуточный}}$ (красная стрелка) расходов воды

Зависимости $H(Q_{\text{стационар}})$ и $H(Q_{\text{среднесуточный}})$ на рис. 3 аппроксимируются следующими уравнениями:

$$H(Q_{\text{стационар}}) = 434 + 0.085 * Q \quad (1)$$

$$H(Q_{\text{среднесуточный}}) = 364 + 0.097 * Q \quad (2)$$

Согласно расчетам по формулам (1) и (2) для гидрологических условий в районе гидропоста г. Городец за период наблюдения отклонение уровня воды, определенного по объему среднего расхода $Q_{\text{среднесуточный}} = 1100 \text{ м}^3/\text{с}$, относительно уровня по стационарному расходу $Q_{\text{стационар}}$ составит

$$\Delta H_{\text{дин}} = H(Q_{\text{среднесуточный}}) - H(Q_{\text{стационар}}) = -0,57 \text{ м}, \quad (3)$$

где $H(Q_{\text{среднесуточный}})$ и $H(Q_{\text{стационар}})$ – значение уровня воды в течение суток, определенное по среднесуточному и стационарному сбросному расходу соответственно.

То есть для фиксированного объема сбросного расхода расчетное значение уровня воды при определении по среднесуточному объему $H(Q_{\text{среднесуточный}})$ будет существенно заниженным относительно его фактического значения $H(Q_{\text{стационар}})$, определяемого величиной стационарного расхода.

На рис. 4 показан график рассчитанного по уравнениям (1), (2) и (3) относительного понижения уровня воды $\Delta H(Q)$ для диапазона расходов гидроузла за период наблюдения. Результат расчетов показывает, что наибольшее отклонение от фактического уровня воды получается при относительно малых значениях сбросного расхода $Q \sim 1000 \text{ м}^3/\text{с}$, характерных для навигационного периода.

Проведем также количественную оценку влияния динамики сбросного расхода на значение уровня воды в дневное время. Для чего введем коэффициент динамического изменения расхода:

$$K_{\text{дин}}(Q) = Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}},$$

где Q_{max} и Q_{min} – объем максимального и минимального сбросного расхода в течение суток.

Его расчетные значения и аппроксимирующая зависимость от среднесуточного расхода $Q_{\text{ср}}$ также приведены на рис. 4.

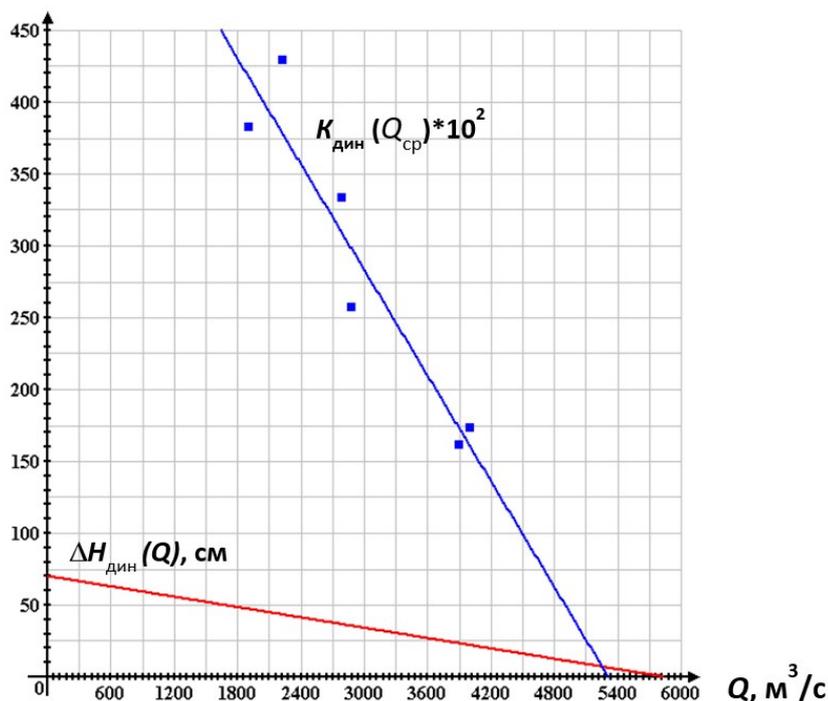


Рис. 4. График зависимости от расхода воды Q разности значений уровня воды $\Delta H_{\text{дин}}(Q)$, определенных по среднесуточному $Q_{\text{ср}}$ и стационарному $Q_{\text{стац}}$ расходам (красная линия), и график суточной динамики сбросного расхода $K_{\text{дин}}(Q_{\text{ср}})$ (синяя линия)

Сравнение двух графиков на рис. 4 показывает, что рост динамической составляющей в общем объеме сбросного расхода гидроузла приводит к увеличению расхождения в расчетах уровня воды $\Delta H_{\text{дин}}(Q)$ при его определении по среднесуточному $Q_{\text{ср}}$ и стационарному $Q_{\text{стац}}$ объему сброса.

Натурный эксперимент

Для выяснения гидрологических причин такого расхождения на приплотинном участке нижнего бьефа Нижегородского гидроузла были выполнены комплексные натурные измерения с помощью акустического доплеровского профилографа течений (ADCP WorkHorse Monitor 1200 kHz), установленного на маломерном судне [2]. Для проведения анализа, усреднения и вывода данных ADCP использовались специализированные программы Winriver II [12]. Для представления пространственного распределения взвеси создавался массив сеточных значений в результате аппроксимации данных ADCP методом минимальной кривизны (Minimum Curvature) при помощи пакета Surfer 7.0 (13.0.383) [13].

Результаты измерений распределения взвеси (мутности), проведенных в период с 12:00 до 18:00 ч. 25 мая 2022 г. в толще воды на глубинах от 0.6 м с шагом 0.25 м как в поперечном сечении сбросного потока, так и в акватории нижнего бьефа гидроузла, представлен на рис. 5.

Полученные натурные данные показали, что вертикальная структура поля мутности потока в приповерхностном слое (рис. 5, слева) имеет выраженную

периодическую структуру, где определяются волны различной кратной длины и $L_1 \sim 150$ м и $L_2 \sim 75$ м.

Что свидетельствует о наличии в поле взвеси волновых возмущений, состоящих из нескольких гармоник, ориентированных поперек сбросного потока (красный пунктир на рис. 5, справа).

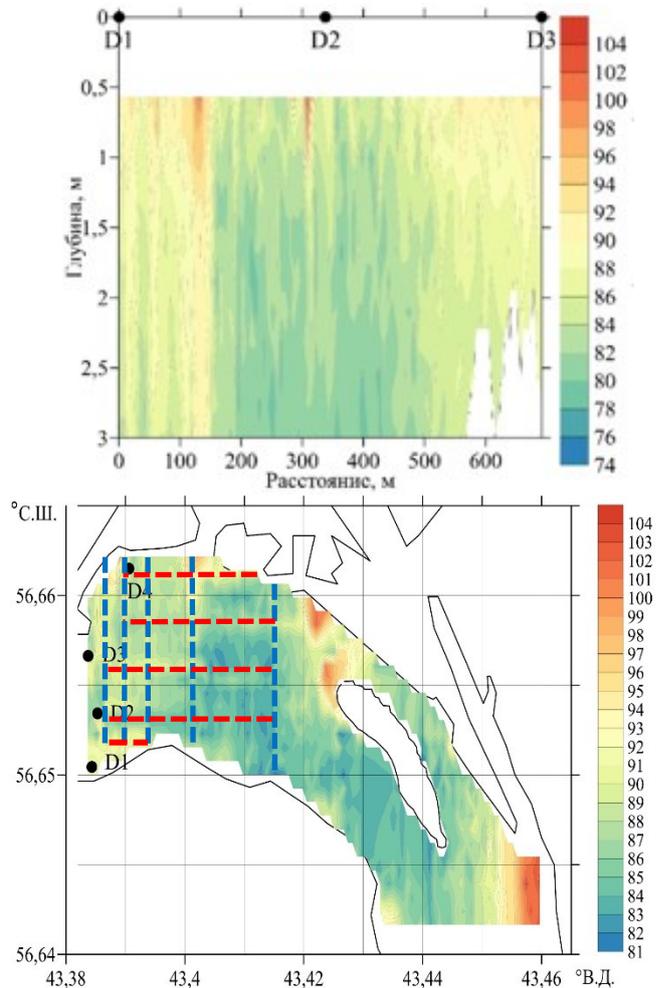


Рис. 5. Распределение взвеси в акватории приплотинного участка нижнего бьефа Нижегородского гидроузла по данным измерений с 12:00 до 18:00 ч. 25 мая 2022 г. (слева - вертикальное распределение поперек сбросного потока, справа – горизонтальное распределение на глубине 0.6 м)

По результатам исследования горизонтального распределения взвеси в структуре волнового поля было выявлено наличие более длинной гармоники длиной $L_0 \sim 450$ м, ориентированной вниз по потоку (синий пунктир на рис. 5, справа).

Данные пространственного моделирования волновой поверхности для гидрологических условий рис. 5 приведены на рис. 6 [11].

Очевидно, что от набора и пространственной ориентации гармоник в структуре волнового поля зависит форма водной поверхности. При этом количество волновых гармоник определяется динамикой сбросного расхода. В результате их пространственного наложения профиль поверхности имеет выраженное понижение на

подходе к подводному каналу системы шлюзов гидроузла. Этот эффект наблюдается в дневное время под действием сбросного потока с повышенным динамическим расходом.

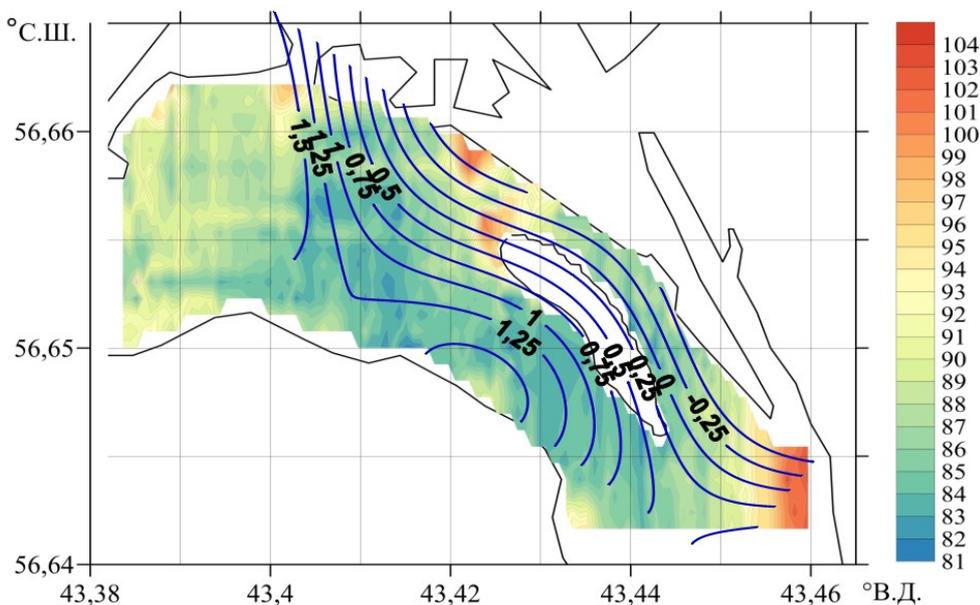


Рис. 6. Сравнение расчетной формы водной поверхности с распределением взвеси на глубине 0.6 м в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла по данным измерений с 12:00 до 18:00 ч. 25 мая 2022 г. (цифрами на изолиниях уровня воды указано отклонение поверхности от горизонтали в метрах)

Обсуждение полученных результатов

Выявленные на приплотинном участке Нижегородского гидроузла гидрологические особенности позволяют дать интерпретацию зависимости уровня воды в р. Волга на подходе к системе Городецких шлюзов от режимов сбросного расхода.

Согласно утвержденной методике построения расчетной зависимости уровня воды H от расхода Q энергетического гидросооружения используются объемы полного среднесуточного расхода $Q_{\text{ср}}$.

Для гидроэлектростанций, в частности, «учету подлежит весь сток, прошедший за сутки через работавшие отверстия, с включением в него протечек через неплотности конструкций затворов закрытых водосбросных отверстий»⁵⁴.

При этом суточный период в электроэнергетике является минимальным расчетным периодом времени, за который среднесуточный расход считается постоянным [14]. Регулирование мощности ГЭС в течение суток ведется в основном путем изменения пропускаемого через электростанцию расхода воды. Учет динамики сбросного расхода в течение суток для организации регулирования стока при неравномерном потреблении воды ГЭС в дневное время является актуальной проблемой.

В [9] был проведен сравнительный анализ изменения уровня водохранилищ и расхода в нижние бьефы ГЭС Волжско-Камского каскада. По результатам было

⁵⁴ Методические указания по учету стока воды на гидроэлектрических станциях. РД 153-34.2-21.564-00. РАО Энергетики и электрификации ЕЭС России. 2001

показано, что при использовании в расчетах статических и динамических гидрологических характеристик имеются существенные различия в количественной оценке объема водохранилищ.

Результаты проведенных авторами исследований [1, 11] также показали, что сложная пространственная структура волнового поля со стороны энергетической части нижнего бьефа Нижегородского гидроузла существенно зависит не только от объема, но и от динамики сбросного расхода в дневное время. Что, в свою очередь, создает неоднозначность при построении зависимости уровня воды у г. Городец от учитываемого в расчетах конкретного объема сброса воды через плотину.

Согласно существующей методике⁵⁵ фиксация уровня воды H производится в утреннее и вечернее время (8 ч. и 20 ч.), которое соответствует режиму стационарного сбросного расхода Нижегородского гидроузла $Q_{\text{стац}}$. Учет полного среднесуточного расхода $Q_{\text{ср}}$ приводит к его «методическому» завышению и соответствующему занижению расчетного уровня воды $H(Q)$ на подходе к системе шлюзов (см. пример на рис. 3).

Следовательно, учет динамических особенностей сбросного потока в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла необходим при формировании режимов его эксплуатации для обеспечения безопасного судоходства на участке р. Волга от г. Городец до г. Нижний Новгород.

Эти данные в дальнейшем являются основным источником гидрологической информации при решении различных практических задач, связанных с эксплуатацией как гидротехнических сооружений, так и речного транспорта.

Заключение

Проведенные в работе исследования выявили особенности в применении существующей методики определения уровня воды в нижнем бьефе Нижегородского гидроузла в зависимости от динамических изменений его сбросного расхода.

В частности, было отмечено, что утвержденная нормативными документами методика оценки уровня воды по объему среднесуточного расхода не является универсальной.

Для участков рек с регулировкой потока гидросооружениями уровень воды в течение суток может изменяться в соответствии с режимом работы гидротехнического объекта, а также с морфологией дна в его нижнем бьефе. Поэтому учет влияния гидродинамики потока на параметры течения вблизи гидросооружения имеет важное практическое значение.

В этой связи необходимо проведение целевых исследований, направленных на уточнение методики систематической фиксации уровня и расхода воды на гидропостах вблизи гидротехнических сооружений, а также последующего применения данных измерений в гидрологических расчетах.

Полученные результаты открывают новые возможности для комплексной оптимизации работы гидротехнических сооружений и водного транспорта.

Благодарности

Работа Шишкиной О.Д. финансируется из средств государственного задания по программе FFUF-2024-0026. Исследования, выполненные Капустинным И.А., Мольковым А.А. и Доброхотовой Д.В., финансируются из средств государственного задания по программе FFUF-2024-0033. Авторы выражают благодарности Каменскому С.Б. за подборку нормативной документации по предмету исследования.

⁵⁵Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. (3-е издание, переработанное и дополненное)/ Информационный материал от 05.04.1977

Список литературы

1. Шишкина О.Д., Капустин И.А., Доброхотова Д.В. Особенности влияния гидрологии речного потока на морфологию размываемого русла с неоднородным поперечным профилем. // Проблемы экологии Волжского бассейна: Труды 8-й всероссийской научной конференции (ВОЛГА-2023). – ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2023. – URL: http://вф-река-море.рф/ECO/2023/PDF_ECO/eco58.pdf (дата обращения 09.10.2025).
2. Molkov A.A., Kapustin I.A., Grechushnikova M.G., Dobrokhotova D.V., Leshchev G.V., Vodeneeva E.L., Sharagina E.M., Kolesnikov A.A. Investigation of water dynamics nearby hydroelectric power plant of the Gorky Reservoir on water environment: case study of 2022 // *Water*. 2023. Vol 15. Is 17, Pp. 3070. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15173070>
3. Фролов Р.Д. Улучшение судоходного состояния Волги в нижнем бьефе Нижегородской ГЭС путем корректировки режима регулирования речного стока каскадом верхне - волжских водохранилищ, Эрозийные и русловые процессы, ред. Р.С. Чалов, М.Ю. Белоцерковский, С.Н. Ковалев. Москва, Издательство МГУ, 2000, С. 190–200.
4. Глотко А.В., Беликов В.В., Борисова Н.М., Васильева Е.С., Румянцев А.Б. Численные гидродинамические исследования для обоснования компоновки Нижегородского низконапорного гидроузла // *Строительство: наука и образование*. 2019. №9(2). С. 1–21. DOI: [10.22227/2305-5502.2019.2.3](https://doi.org/10.22227/2305-5502.2019.2.3).
5. Агеев С.О. Обоснование целесообразности суточного регулирования стока низконапорным гидроузлом // *Научные проблемы водного транспорта*. 2020. №62. С. 136–146. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi62.44>
6. Ситнов А.Н., Агеев С.О. Математическая модель и алгоритмизация процесса решения задачи внутрисуточного регулирования сброса воды через Нижегородский низконапорный гидроузел // *Научные проблемы водного транспорта*. 2021. №66(1). С. 153–164. DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi66.153>.
7. Рахуба А.В. Моделирование динамики примеси в нижнем бьефе водохранилища при экстремальных попусках ГЭС // *Водное хозяйство России*. 2010. № 4. С. 28–40. DOI: <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2010-4-3>.
8. Рахуба А.В. Длинноволновая динамика и ее влияние на формирование качества вод водохранилища суточного регулирования // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011. №5(13). С. 196–203. URL: https://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2011/2011_5_196_203.pdf (дата обращения 09.10.2025).
9. Александровский А.Ю., Борщ А.С. Пропуск максимальных расходов воды через гидроузлы Волжско-Камского каскада с учётом негоризонтальности зеркала и предполоводной сработки водохранилища // *Новое в российской электроэнергетике*. 2019. №2. С. 47 – 54. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36995735> (дата обращения 03.09.2025).
10. Сазонов А.А. Особенности гидрологического и руслового режимов на приплотинном участке нижнего бьефа Нижнекамской ГЭС // *Вестник ВГАВТ*. 2013. №37. С. 206–212. URL: http://journal.vsuwt.ru/public/v_arc/v37.pdf (дата обращения 09.10.2025).
11. Шишкина О.Д. Исследование влияния морфологии приплотинного участка на гидрологические условия подходов к системе шлюзов Городецкого гидроузла. // *Транспорт. Горизонты развития*. 2024: Материалы международного научно-практического форума. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2024. – URL: http://вф-река-море.рф/2022/6_15.pdf (дата обращения 09.10.2025).
12. WinRiver II Software User's Guide. – URL: https://corr-tek.it/wp-content/uploads/2022/07/WinRiver-II-User-Guide_.pdf (дата обращения 09.10.2025).
13. Мальцев К.А., Мухарамова С.С. Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer). Казань.: Казанский университет, 2014. 103 с.
14. Асарин А.Е., Бестужева К.Н. Водно-энергетические расчёты. Москва.: Энергоатомиздат, 1986. 224 с.

References

1. Shishkina O.D., Kapustin I.A., Dobrokhotova D.V. *Osobennosti vliyaniya gidrologii rechnogo potoka na morfologiyu razmyvaemogo rusla s neodnorodnym poperechnym profilem* [Features of effect of hydrology of river flow on morphology of eroded riverbed with non-uniform transverse profile]. *Problemy ehkologii Volzhskogo basseina* [Ecology problems of Volga basin]. Trudy 8-i vsrossiiskoi nauchnoi konferentsii. Available at: <http://вф-пека-мопе.пф/ECO/2023/PDF_ECO/eco58.pdf> (accessed 09.10.2025)
2. Molkov A.A., Kapustin I.A., Grechushnikova M.G., Dobrokhotova D.V., Leshchev G.V., Vodeneeva E.L., Sharagina E.M., Kolesnikov A.A. Investigation of water dynamics nearby hydroelectric power plant of the Gorky Reservoir on water environment: case study of 2022 // *Water*. 2023. Vol 15. Is 17, Pp. 3070. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15173070>
3. Frolov R.D. Uluchshenie sudokhodnogo sostoyaniya Volgi v nizhnem b'efe Nizhegorodskoi GEHS putem korrekcirovki rezhima regulirovaniya rechnogo stoka kaskadom verkhnevolzhskikh vodokhranilishch [Improvement of the condition of navigation of the Volga in the lower reaches of the Nizhny Novgorod hydroelectric power station by adjustment of the flow control regime of reservoirs of the Upper Volga cascade], *Eroziionnye i ruslovyie protsessy* [Erosion and riverbed processes], eds. R.S. Chalov, M.Yu. Belotserkovskii, S.N. Kovalev. Moscow, Izdatelstvo MGU, 2000, pp. 190-200. (in Russ.)
4. Glotko A.V., Belikov V.V., Borisova N.M., Vasil'eva E.S., Rumjancev A.B. *Chislennye gidrodinamicheskie issledovaniya dlya obosnovaniya komponovki Nizhegorodskogo nizkonapornogo gidrouzla* [Numerical hydrodynamic researches for juctifying design of the Nizhny Novgorod low-head hydraulic system] *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2019, no. 9(2), pp. 1–21. (in Russ.) DOI: 10.22227/2305-5502.2019.2.3.
5. Ageev S.O. Obosnovanie tselesoobraznosti sutochnogo regulirovaniya stoka nizkonapornym gidrouzлом [Drain regulation of low-headed hydraulic unit] *Russian Journal of Water Transport*. 2020, no. 62, pp. 136–146. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi62.44>
6. Sitnov A.N., Ageev S.O. Matematicheskaya model' i algoritimizatsiya protsessa resheniya zadachi vnutrisutochnogo regulirovaniya sbrosa vody cherez Nizhegorodskii nizkonapornyi gidrouzel [Mathematical model and algorithmic process of solving the problem of the intra-day regulation of discharge of water through the Nizhny Novgorod low-pressure hydroelectric complex] *Russian Journal of Water Transport*. 2021, no. 66, pp. 153–164. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi66.153>.
7. Rakhuba A.V. Modelirovanie dinamiki primesi v nizhnem b'efe vodokhranilishcha pri ehkstremal'nykh popuskakh GEHS [Simulation of Admixture Dynamics in a Reservoir Lower Pool in Case of Hydro Power Station Extreme Release] *Vodnoe khozyaistvo Rossii* [Water sector of Russia], 2010, no. 4, pp. 28–40. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2010-4-3>.
8. Rakhuba A.V. Dlinnovolnovaya dinamika i ee vliyanie na formirovanie kachestva vod vodokhranilishcha sutochnogo regulirovaniya [Long-wave dynamics and its influence on the quality of water in the reservoir daily regulation] *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2011, no. 13/5, pp. 196–203. (in Russ.) URL: https://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2011/2011_5_196_203.pdf
9. Aleksandrovskii A.Yu., Borshch A.S. Propusk maksimal'nykh raskhodov vody cherez gidrouzly Volzhsko-Kamskogo kaskada s uchedom negorizonta'nosti zerkala i predpolovodnoi srabotki vodokhranilishcha, *Novoe v rossiiskoi ehlektroehnergetike*. 2019, no. 2, pp. 47 – 54. (in Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36995735>.
10. Sazonov A.A. Osobennosti gidrologicheskogo i ruslovogo rezhimov na priplotinnom uchastke nizhnego b'efa Nizhnekamskoi GEHS [Peculiarities of the hydrological and chanel modes for dam part the lower bay Nizhnekamsk HPP] *Bulletin VSAWT*. 2013, no. 37, pp. 206–212. (in Russ.) URL: http://journal.vsuwt.ru/public/v_arc/v37.pdf
11. Shishkina O.D. *Issledovanie vliyaniya morfologii priplotinnogo uchastka na gidrologicheskie usloviya podkhodov k sisteme shlyuzov Gorodetskogo gidrouzla* [A study of effect of morphology of dam site on hydrological conditions of lower approaches of waterway of Gorodetsky complex]. *Transport. Gorizonty razvitiya -2024* [Transport. Horizons of Development - 2024]. Materialy mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma. Available at: <http://вф-пека-мопе.пф/2024/PDF/6_16.pdf> (accessed 09.10.2025)

12. WinRiver II Software User's Guide. – Available at: <https://corr-tek.it/wp-content/uploads/2022/07/WinRiver-II-User-Guide.pdf> (accessed 09.10.2025)
13. Mal'tsev K.A., Mukharamova S.S. *Postroenie modelei prostranstvennykh peremennykh (s primeneniem paketa Surfer)* [Modelling of 3D variables (by the Surfer package)]. Kazan': Kazanskii universitet, 2014. 103 p. (in Russ.)
14. Asarin, A.E., Bestuzheva, K.N. *Vodno-ehnergeticheskie raschety* [Water-energy calculations]. Moscow.: Ehnergoatomizdat, 1986. 224 p. (in Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шишкина Ольга Дмитриевна, к.т.н., научный сотрудник, Институт прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН), 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, e-mail: olsh@ipfran.ru

Olga D. Shishkina, Ph.D. in Engineering Science, Research Fellow, FRC Institute of Applied Physics of Russian Academy of Sciences (IAP RAS), 46, Ul'yanov st., Nizhny Novgorod, 603950

Доброхотова Дарья Васильевна, стажер-исследователь, ФИЦ Институт прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН), 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, 46, e-mail: vostryakova@ipfran.ru

Dar'ya V. Dobrokhotova, Assistant Researcher, FRC Institute of Applied Physics of Russian Academy of Sciences (IAP RAS), 46, Ul'yanov st., Nizhny Novgorod, 603950

Капустин Иван Александрович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, ФИЦ Институт прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН), 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, 46, старший научный сотрудник кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: kia@ipfran.ru

Ivan A. Kapustin, Ph.D. in Physico-Mathematical Science, Senior Researcher, FRC Institute of Applied Physics of Russian Academy of Sciences (IAP RAS), 46, Ul'yanov st., Nizhny Novgorod, 603950, Senior researcher of the Department of Hydrodynamics, Vessel Theory and Ecological Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st., Nizhny Novgorod, 603950

Мольков Александр Андреевич, к.ф.-м.н., научный сотрудник, Институт прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН), 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, 46, старший научный сотрудник кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: molkov@ipfran.ru

Alexander A. Molkov, Ph.D. in Physico-mathematical science, Research Fellow, FRC Institute of Applied Physics of Russian Academy of Sciences (IAP RAS), 46, Ul'yanov st., Nizhny Novgorod, 603950, Senior researcher of the Department of Hydrodynamics, Vessel Theory and Ecological Safety, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st., Nizhny Novgorod, 603950

Статья поступила в редакцию 13.10.2025; принята к публикации 10.11.2025; опубликована онлайн 20.12.2025. Received 13.10.2025; published online 20.12.2025.



Направление деятельности: Подъемно-транспортные машины и машиноремонт

КОЛЕБАНИЯ И ВИБРАЦИЯ

- ❑ Расчет крутильных колебаний валопроводов;
- ❑ Тorsiографирование движительных установок судов;
- ❑ Измерение вибрации на судах.

ЗАЩИТА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ

- ❑ Разработка пылеудаляющих устройств при перегрузке навалочных грузов;
- ❑ Упрочнение деталей наплавкой;
- ❑ Восстановление деталей наплавкой

ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ



ДЕФЕКТАЦИЯ

Дефектация элементов металлоконструкций грузоподъемных машин, устройств методами неразрушающего контроля и безразборной диагностики;



ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Разработка проектно-конструкторской документации на изготовление, реконструкцию, ремонт и модернизацию подъемных сооружений и технологического оборудования подъемных сооружений;



ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЙ

Разработка проектной документации на элементы зданий и сооружений с крановыми нагрузками.

“ Инфраструктура водных путей, грузовой и пассажирский флот, судостроение, судоремонт не могут существовать без погрузо-разгрузочных работ, основой которых являются подъемно-транспортное оборудование



Подъем и Утилизация судов



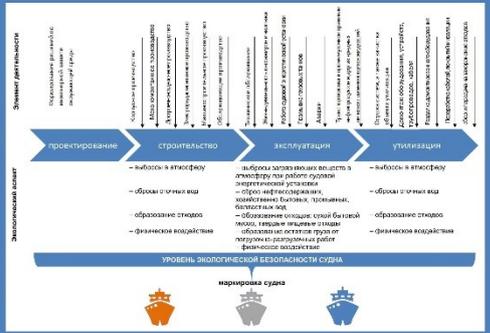
В рамках Научно-исследовательского проекта по созданию Информационно-технологической платформы "Подъем и утилизация судов" для плавсредств внутреннего и смешанного (река-море) плавания

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СУДА

Практическая значимость проекта «ПИУС»:

В ходе проекта планируется создать информационно-технологическую платформу «Подъем и утилизация судов», структура которой представляет собой ряд взаимно интегрированных баз данных, например:

- по судам внутреннего и смешанного (река-море) плавания, подлежащим утилизации с учетом вида флота;
- по компонентному составу судов, подлежащих утилизации;
- по размерам вреда от судов, подлежащих утилизации;
- по существующим и перспективным технологиям в области судоподъема судов и их разделки на лом;
- по расположению и производственным мощностям предприятий, задействованных при подъеме и утилизации судов и др.;
- по нормативной базе и др.

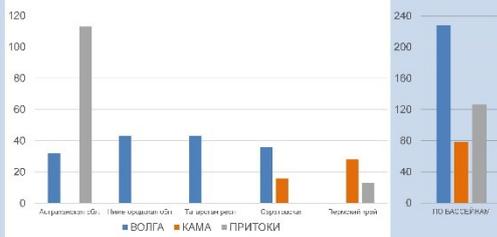


Локальный пример. Разработка ПО. Макроанализ.

При оценке жизненного цикла судна обоснованно учитывать процесс вывода из эксплуатации, включая прямые и распределяемые расходы на утилизацию. В случае подъема затонувших/полузатонувших судов учитываются риски, которые влияют на экологический ущерб водным ресурсам.



ПОДЛЕЖАЩИЕ УТИЛИЗАЦИИ СУДА. Данные по Волжско-Камскому бассейну



Цель проекта:

Разработать информационно-технологическую платформу «Подъем и утилизация судов» для плавсредств внутреннего и смешанного (река-море) плавания, которая обеспечит возможность судовладельцам, контрольно-надзорным органам и отходообработывающим компаниям, организациям, занимающимся подъемом и разделкой судов, при планировании и производстве работ по подъему и обезвреживанию судов, подлежащих утилизации применять научно-обоснованные методики оценки опасности и технологии подъема, транспортировки на судоразделочную площадку разделки, утилизации и обезвреживания, использовать эти методики и технологии в создании и развитии АСУ предприятий водного транспорта, контрольно-надзорных органов и отходообработывающих компаний.

Ожидаемая эффективность проекта:

- Реализация результатов НИР будет способствовать:
- созданию условий для рационального природопользования;
 - снижению нагрузки на окружающую среду объектов судостроительной отрасли;
 - оптимизации негативного воздействия судостроительной отрасли;
 - повышению уровня технологичности подъема судов, их разделке и утилизации отходов.

Участники проекта: Управление научных исследований, Центр стратегического развития ВВП и инфраструктуры, Каф. Охраны окружающей среды и производственной безопасности, каф. Проектирования и технологии постройки судов, каф. Водных путей и гидротехнических сооружений, КБ ВГУИТ, каф. Бухгалтерского учета, анализа и финансов

Выводы:

Суммарная оценочная масса брошенных судов составила:

101
Тыс. тонн

Размер вреда водным объектам превышает ориентировочно:

25
млрд. руб

Технико-экономическое обоснование строительства судов технического флота для содержания внутренних водных путей Российской Федерации

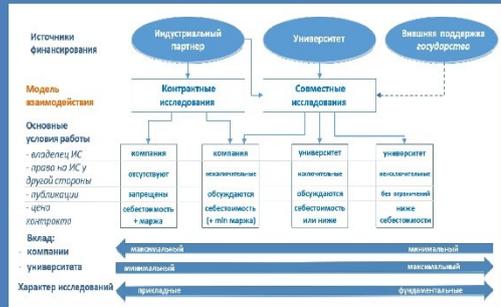


Взаимодействие университета с организациями отрасли

Университетом сформирована модель взаимодействия с организациями отрасли.

Задачи модели:

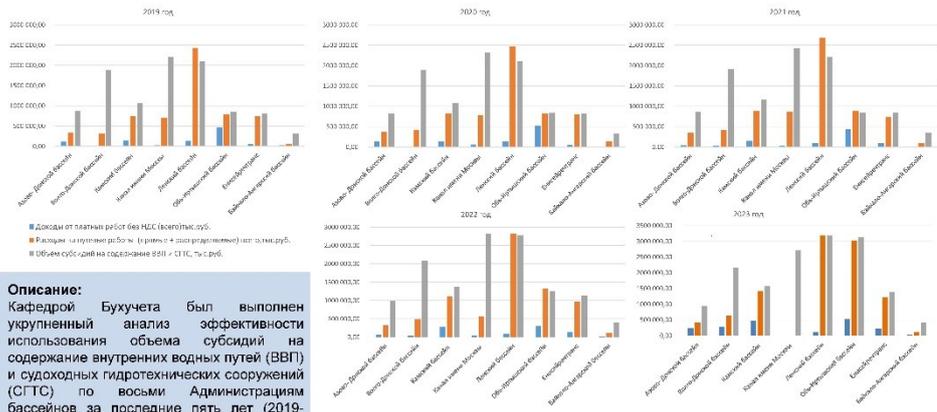
- Организация наукоёмких исследований с привлечением научных школ университета;
- Поддержка развития кадров на предприятиях и внедрение научного подхода



Цель: Формирование обоснованных прогнозов развития отраслевых предприятий, формирование для них устойчивых финансовых моделей с учетом специфики и динамики рынка.

Локальный пример Аналитической работы. Макроанализ

При оценке эффективности выделяемых субсидий сопоставлялась их величина с расходами на путевые работы (прямые +распределяемые) плюс доходы от платных работ.



Описание: Кафедрой Бухучета был выполнен укрупненный анализ эффективности использования объема субсидий на содержание внутренних водных путей (ВВП) и судоходных гидротехнических сооружений (СГТС) по восьми Администрациям бассейнов за последние пять лет (2019-2023гг.).

Цель: На основе проведенного анализа разработать методические рекомендации для Администраций бассейнов внутренних водных путей

Участники проекта: Управление научных исследований, Центр стратегического развития ВВП и инфраструктуры, КБ ВГУТ, каф. Проектирования и технологии постройки судов, каф. Водных путей и гидротехнических сооружений, каф. Бухучета.

Выводы

Из восьми, представленных в анализе Администраций бассейнов у половины (50%) объем выделяемых субсидий превышает расходы на путевые работы плюс доходы от платных работ. К ним относятся Азово-Донской бассейн, Волго-Донской бассейн, Канал имени Москвы, Байкало-Ангарский бассейн.

Больше аналитики по теме:
 в рамках ГК –Технический флот по всем АБУ за период 2014-2024гг + прогнозы



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ТРЕНАЖЕРНЫЙ ЦЕНТР «МЕХАНИК»

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ



УЧЕБНО-ТРЕНАЖЕРНАЯ БАЗА / участок на АО «БОРРЕМФЛОТ» / СВАРОЧНЫЙ ПОЛИГОН



“ На производстве, особенно сейчас, важную роль играют люди рабочих специальностей высокой квалификации. Работа центра «Механик» всецело отвечает задачам подготовки кадров. Отраслевая направленность и наличие реальных заказов, научный подход, позволяют лучше раскрывать профессию.

- - 25 лет в составе научного департамента ВГУВТ
- - Лидер по объему полученных средств за выполненные работы среди научных подразделений университета за время существования центра.
- Компетенции в области технологий ремонтной сварки, наплавки, напыления и дефектоскопии.
- Научно-технический отдел, учебно-тренажерная база, сварочный полигон.
- Обучение сварке, разработка технологических процессов ремонта поверхностей деталей, собственное ремонтное производство.





Работы КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО

В рамках Направлений:
ИНФРАСТРУКТУРА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА и
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛОМЕРНОГО ФЛОТА



ПРЕДЛАГАЕМЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БУНКЕРОВКИ МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ ЖИДКИМ МОТОРНЫМ ТОПЛИВОМ

Малая топливораздаточная платформа

Особенность: резерв топлива находится на берегу. Размеры платформы в плане 10x5 метров



Большая топливораздаточная платформа



Данный вид станции одного типа с малой платформой, отличие заключается в габаритных размерах и типе устанавливаемой раздаточной колонки.

Бункеровочная станция

Стоечное судно. Подача топлива может осуществляться как с берега, так и наливом с танкера. В конструкции имеет танки для разных видов топлива: бензины АИ-92 и АИ-95, а также дизельное топливо.

На станции устанавливаются топливораздаточные колонки или насосная установка с автоматизированной дозой выдачи топлива. Возможно производить бункеровку на рейде.



Перечень регулирующих организаций для проектов по бункеровке судов на Внутренних водных путях (на Водных объектах вне ВВП процедура другая)

1. Российское классификационное общество;
2. Администрация внутренних водных путей;
3. Администрация района водных путей и судоходства;
4. Бассейновое водное управление Федерального агентства водных ресурсов;
5. Территориальное управление Росрыболовства;
6. Росрыбнадзор;
7. Комитет по имуществу и земельным отношениям;
8. Государственный морской и речной надзор

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ХАУСБОТОВ

Проектирование для судоверфи:



Проектирование под самострой (частные заказчики)



Кемпер-боты



Конструкторское бюро разработало проектную документацию для плавающих домов (хаусботов) различных российских производителей, от эскизных проектов и построенной документации, до проектов под регистрацию судов индивидуальной постройки и серийного выпуска

Суммарное количество разработанных проектов маломерных судов **>200** проектов

Руководитель КБ
Шабала Алексей Геннадьевич
+7 (887) 110-36-67
kb@vsuwl.ru / kbvsuwl.ru

КБ имени инженера-конструктора Е.В. Фальмонова - подразделение Управления научной и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «ВГУВТ»



Информация для авторов

Требования к оформлению статей, а также примеры оформления списков литературы изложены на сайте журнала <http://journal.vsuwt.ru/index.php/jwt/rules>

I. Материалы, предоставляемые автором в редакцию:

1. Файл с текстом статьи (в формате Microsoft Word или RTF) направляется на электронный адрес journal@vsuwt.ru либо gaeva.oa@yandex.ru. Рекомендованный объем статьи – 0,5 - 1 печатных листов (8-16 страниц).
2. Экспертное заключение о возможности открытого опубликования материалов статьи (можно прислать PDF файл на электронную почту gaeva.oa@yandex.ru, либо направляется в бумажном виде по адресу г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5, к.971).

II. Основные требования к содержанию статьи:

1. Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях. Научная статья должна содержать очевидный элемент создания нового знания в сравнении с имеющейся научной литературой по избранной теме исследования. Предпочтение отдается статьям научно-теоретического, научно-практического и аналитического характера.
2. Показатель итоговой оценки оригинальности текста в системе Антиплагиат должен быть не менее 80%, показатель заимствования не более 10%, показатель самоцитирования не более 25%

При оформлении статьи рекомендуется ориентироваться на публикации, вошедшие в Текущий выпуск.

III. Перечень структурных элементов статьи

1. УДК (из классификатора)
2. Надпись «DOI: 10.37890/jwt.vi»
3. Название статьи
4. Сведения об авторах в формате:
 - Инициалы, Фамилия (на русском языке) каждого автора, например, И.И. Иванов
 - Идентификатор автора ORCID, например, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8255-3017>
 - Перечень учреждений всех авторов без сокращений (не указывать организационно-правовую форму), место издания, например, Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия
5. Аннотация объемом 100-250 слов текста (не менее 10 строк)
6. Ключевые слова – 8-10 слов или словосочетаний
7. Название статьи на английском языке
8. Сведения об авторах на английском в формате:
 - Имя, О., Фамилия каждого автора (на английском языке), например, Ivan I. Ivanov
 - Идентификатор автора ORCID
 - Перечень учреждений всех авторов на английском языке, например, Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia.
9. Аннотация (Abstract) на английском языке.
10. Ключевые слова (Keywords) на английском языке.
11. Текст статьи (должен быть структурирован; рекомендуется структура IMRaD (<https://ru.wikipedia.org/wiki/IMRAD>), например:
 - Введение
 - Методы
 - Результаты
 - Обсуждение
 - Заключение
- Благодарности
12. Список литературы
13. References (литература на английском языке)
14. Информация об авторах на русском и английском языках:
 - имя, отчество, фамилия;
 - должность, звание, ученая степень, кафедра, подразделение;

- полное и сокращенное название организации, где выполняется работа, адрес;
- e-mail

15. Координаты для обратной связи (e-mail, телефон)
16. Рубрика журнала, в которую подается статья для рассмотрения

IV. Оформление структурных элементов статьи

Общее оформление – редакция принимает тексты, сохраненные в формате .doc, .docx, .rtf.

- Размер шрифта 12, Times New Roman;
- Интервал между строками одинарный;
- Поля: левое - 3 см, правое - 1,5 см, верхнее - 2 см, нижнее - 2 см;

УДК – универсальная десятичная классификация, используется для систематизации научных статей. Определяется по классификатору (можно найти в Интернете). Если статья включает несколько областей знаний, то для объединения нескольких кодов используются знаки препинания (+ (плюс) - знак присоединения, / (косая черта) - знак распространения, : (двоеточие) – знак простого отношения, :: (двойное двоеточие) - знак закрепления последовательности, [] (квадратные скобки) – знак группирования).

DOI: 10.37890/jwt.vi — это префикс журнала.

Название статьи - должно кратко (не более 10 слов) и точно отражать содержание статьи (не допускаются названия, имеющие обороты такие как «К вопросу...», «Некоторые аспекты...» и аналогичные). Оформляется полужирным шрифтом, форматируется по центру. Заглавными буквами оформлять не надо!

Аннотация – это краткое точное изложение содержания документа, включающее основные сведения и выводы работы. Аннотация дает возможность установить основное содержание документа, используется в информационных (автоматизированных) системах для поиска документов. Аннотация выполняет функцию инструмента, позволяющего читателю понять, следует ли обращаться к полному тексту статьи. Аннотация должна быть информативной (не содержащей общих слов), содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследования), структурированной. Структура аннотации должна полностью повторять структуру статьи. В тексте аннотации следует применять значимые слова из текста статьи.

Ключевые слова - должны характеризовать предметную область исследования. Во всех библиографических базах данных осуществляется поиск статей по ключевым словам. (не более 3-х слов внутри ключевой фразы). Слова и/или словосочетания отделяются запятой.

Англоязычные переводы (название статьи, сведения об авторах, аннотация (Abstract), ключевые слова (Keywords), литература (References)– должны быть качественными.

Текст статьи - должен быть структурирован, название частей необходимо выделять соответствующими подзаголовками, которые оформляются полужирным шрифтом и форматируются по центру. Разделы Введение (Постановка задачи) и Заключение (Выводы) являются обязательными. Приветствуется использование структуры IMRAD (<https://ru.wikipedia.org/wiki/IMRAD>):

1. **Введение** (актуальность) - описание проблемы, обзор литературы, связанной с исследованием, формулирование цели и задач исследования, обозначение нерешенных проблем, обоснование теоретической и практической значимости.
2. **Методы** - описание методов, условий и схем экспериментов, приборов, материалов и оборудования. указывается последовательность выполнения исследования и обосновывается выбор используемых методов (наблюдение, опрос, тестирование, эксперимент, лабораторный опыт, анализ, моделирование и т. д.).
3. **Результаты** - предоставление экспериментальных или теоретических данных, полученных в ходе исследований (могут быть представлены в виде таблиц, графиков, диаграмм, уравнений, фотографий, рисунков). Это основной раздел, цель которого – доказать рабочую гипотезу (гипотезы).
4. **Обсуждение** - интерпретация полученных результатов, предположения, сопоставление, сравнение полученных результатов с результатами других авторов и т.д.
5. **Заключение** - структурированные выводы, соответствующие постановке задачи исследования во введении, делаются обобщения и рекомендации, вытекающие из работы, подчеркивается их практическая значимость, а также определяются основные направления для дальнейшего исследования в этой области. В заключительную часть статьи желательно включить попытки прогноза развития рассмотренных вопросов.
6. **Благодарности** - можно упомянуть людей, помогавших авторам подготовить настоящую статью, организации, оказавшие финансовую поддержку (например, номер гранта РФФИ). Хорошим тоном считается выражение благодарности анонимным рецензентам.

Таблицы - должны быть подготовлены стандартными средствами MS Office. Надпись Таблица 1 форматируется по правому краю (размер шрифта 11, начертание - курсив). Название таблицы форматируется по центру полужирным шрифтом. На все таблицы (табл.1) должны быть ссылки в тексте

Рисунки - рисунки допускаются как в растровом, так и в векторном формате. Минимальное разрешение - 300 dpi. Каждое графическое изображение должно представлять собой единый, цельный объект. Подпись к рисункам приводится на русском и английском языках. Ширина подписи примерно соответствует ширине рисунка. Текстовые подписи под рисунком не должны быть частью рисунка. Рисунки (диаграммы, графики) должны допускать возможность редактирования и изменения их размеров. По возможности используйте для графического материала минимально требуемое разрешение. На все рисунки (рис.1) должны быть ссылки в тексте. Рисунки и иллюстрации вставляются в текст, а не в таблицы!

Формулы - все формулы набираются в редакторах Microsoft Equation 3.0, MathType 6 или Конструкторе формул Microsoft Word. Шрифт символов, входящих в формулы - комбинация Symbol и Times New Roman. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылка в тексте статьи. Если формула появляется в тексте как отдельная строка, она должна быть центрирована и, при необходимости, помечена сквозной нумерацией арабскими цифрами в круглых скобках. Если формула появляется внутри текста, обращайтесь внимание на размеры используемых шрифтов, чтобы они были «состыкованы» с размерами текста работы. Не сохраняйте формулы в виде рисунка и не вставляйте их в таблицы!

Список литературы – является обязательным элементом статьи. Ссылка на публикацию в научной статье является одним из главных показателей качества публикации, а статья с представительным списком литературы демонстрирует профессиональный кругозор и качественный уровень исследований ее авторов. Правильное описание используемых источников в списках литературы является залогом того, что цитируемая публикация будет учтена при оценке научной деятельности ее автора. По цитированию журнала определяется его научный уровень, авторитетность, эффективность деятельности ее редколлегии. Каждый научный факт должен сопровождаться отдельной ссылкой на источник. При формировании списка литературы необходимо придерживаться следующих правил:

- оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018.
- источники в списке литературы нумеруются и располагаются в порядке их упоминания в тексте.
- ссылки на все источники литературы в тексте статьи обязательны;
- не менее 10 ссылок;
- приветствуются ссылки на англоязычные источники;
- на свои статьи (самоцитирование) не более 20-25% от общего числа ссылок
- ссылки на статьи периодических изданий (за последние 5 лет), опубликованные в рецензируемых научных журналах, индексируемых в РИНЦ, Scopus, WoS, должны составлять не менее 25%;
- если цитируемая статья имеет DOI, необходимо указывать его после описания цитируемой статьи. Для проверки наличия у статьи DOI можно, например, воспользоваться сервисом Crossref по ссылке <https://search.crossref.org/references>
- нежелательно включать в списки литературы анонимные источники и нормативные документы (постановления, законы, инструкции и т.д.), которые никогда не будут проиндексированы в базах данных цитирования, предпочтительно их цитировать непосредственно в тексте или во внутритекстовых сносках;
- нежелательно использовать в списках литературы авторефераты диссертаций и диссертации, учебные пособия и учебники;
- анонимные интернет-источники необходимо указывать в постраничных сносках, а не в списках литературы.

References - список литературы на английском языке.

Для русскоязычных статей необходимо указывать: ФИО авторов на латинице (транслитерация); название статьи (транслитерация); перевод названия статьи на английский язык; название журнала на английском языке (транслитерация, если нет информации об использовании журналом англоязычного названия); выходные данные с обозначением на английском языке (год, том, номер страницы «от-до»); указание на язык статьи, если она представлена на русском языке (In Russ.); DOI статьи (при наличии) или URL при отсутствии DOI, если есть доступ к статье.

В этом разделе должны использоваться только английские символы, наличие кириллических знаков не допускается. При ссылке на сайты, содержащие в названии русские символы, придется воспользоваться так называемым punicode-конвертором (например, <https://hb.by/punicode-converter.aspx>). С помощью подобных онлайн-сервисов имя сайта преобразуется в специальный код, который и указывается вместо русскоязычного названия. К примеру, ссылка <<http://вф-река-море.рф>> преобразуется в <http://xn----7kcgqc6assog3b.xn--p1ai/>.

Для перевода русского текста на латиницу используются правила **British Standart Institution**. Транслитерация производится с помощью автоматического транслитератора (Формат BSI), например, <http://transliteration.pro/bsi/>. (не делать транслитерацию вручную).

Ссылка на статью в журнале

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie stat'i [Title of the Article], Nazvanie zhurnala [Title of Journal], 2021, no. 66, pp. 120—130.

Ссылка на книгу

Familia I.O. Nazvanie knigi [Title of the Book]. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, 450 p.

Ссылка на переводное издание

Familia I.O. [Original Title of the Book]. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, 450 p. (in Russ.)

Ссылка на статью в сборнике статей (I.O. Sostavitel = фамилия отв. редактора или составителя)

Familia I.O. Nazvanie stat'i [Title of the Article*], Nazvanie sbornika statei [Title of the Digest*], ed. I.O. Sostavitel. Gorod, Izdatelstvo Publ., 2015, pp. 10—15.

Ссылка на статью в электронном журнале

Familia I.O. Nazvanie stat'i [Title of the Article*], Nazvanie zhurnala [Title of Journal], 2015, no.5. Available at: <http://observatoria.rsl.ru/ru/s3/s17/s364/ok12015/> (accessed 01.12.2015)

Информация об авторах на русском и английском языках – оформляется в конце работы в виде таблицы (в качестве образца можно использовать статьи, опубликованные с 2020 года (№62))

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Митрошин Сергей Григорьевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента, Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: priemnaya@vgavt-nn.ru

Sergey G. Mitroshin, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: priemnaya@vgavt-nn.ru

Раева Ольга Александровна, начальник издательского отдела, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail: raeva@vsawt.com

Olga A. Raeva, Head of Publishing Department, Volga State University of Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951, e-mail: raeva@vsawt.com

Редакция не рассматривает к публикации статьи, оформление которых не соответствует всем необходимым требованиям.

**Научные проблемы
водного транспорта**

**Russian Journal of Water
Transport**

№85(4), 2025

Формат бумаги 70x180 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 15,31. Уч.-изд. л. 21,44.
Заказ. Тираж 500.

Федеральное агентство морского и речного транспорта.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ
ВО «ВГУВТ»)

Отпечатано в типографии ООО «Нижегородская типография». Адрес 603000,
Нижегородская область, г. Нижний Новгород, ул. Варварская, 10/25.

Свободная цена

Подписной индекс в каталоге
Агентства "Книга-Сервис"
70191

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство ПИ № ФС77-77658 от 17 января 2020 г.

Адрес редакции и издателя:
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5

*Управление научных исследований
и инновационной деятельности
© ВГУВТ, 30.12.2025*

Научные проблемы водного транспорта № 85 (4) 2025